

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 51 Agustus 2017)

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. 51 Agustus 2017: Isi

Artikel Fitur: Prakarsa untuk Meningkatkan Ketahanan Gempa dan Teknologi Pencegahan Kerusakan Struktur Pondasi

Langkah Peningkatan Ketahanan Gempa Bumi pada Taman Industri di Area Teluk_____1

Metode Evaluasi Ketahanan Gempa dan Teknologi Penanganan Gempa untuk Mencegah Kerusakan yang Diakibatkan Likuifaksi terhadap Jembatan Eksisting____4

Perbaikan Akurasi Estimasi Kapasitas Dukung Tiang Pancang Baja dengan Uji Pembebanan Dinamik_____7

Evaluasi Kekuatan Ultimit Tiang Pancang Pipa Baja pada Tanah Likuifaksi selama Gempa Bumi Besar 10

Metode Evaluasi untuk Tegangan Tiang Pancang Pipa Baja selama Gempa Bumi, Menuju Penetapan Metode Desain Sekunder untuk Pondasi Tiang Pancang 13

Topik Khusus

Bagaimana Memperbaiki Infrastruktur Sosial di Daerah Rawan Bencana dengan Belajar dari Gempa Bumi Kumamoto Tahun 2016_____16

Operasi FBBJ_____Sampul Belakang

Nomor halaman di atas mengikuti versi Bahasa Inggris terbitan No. 51

Versi Indonesia: ©Federasi Besi dan Baja Jepang 2017

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 surel: sunpou@jisf.or.jp
URL <http://www.jisf.or.jp>

Artikel Fitur

Prakarsa Peningkatan Ketahanan Gempa dan Teknologi Pencegahan Kerusakan Struktur Pondasi

(Halaman 1~3)

Langkah Peningkatan Ketahanan Gempa Bumi pada Taman Industri di Area Teluk

Oleh Masanori Hamada
Ketua, Pusat Pengurangan Bencana Asia

Selama gempa bumi yang terdahulu, taman-taman industri telah berulang kali rusak akibat gerakan gempa yang kuat yang diperburuk dengan adanya permukaan tanah reklamasi yang lunak, likuifaksi tanah berpasir, limbah minyak dari tangki sebagai akibat gerakan gempa periode panjang, serta tsunami. Kerusakan berat pada taman industri akibat gempa bumi dan tsunami di masa depan akan dapat mengakibatkan dampak serius terhadap keselamatan dan keamanan masyarakat serta ekonomi dunia. Oleh karena itu, peningkatan ketahanan terhadap gempa bumi dan tsunamai daripada taman-taman industri menjadi hal yang paling mendesak bagi negara yang rawan gempa dan tsunami seperti Jepang.

Pemerintah Jepang memprakarsai proyek nasional perkuatan fasilitas industri disekeliling Teluk Tokyo, Ise dan Osaka sejak 2014, dengan mengeluarkan biaya sekitar 15 milyar yen per tahun untuk memberikan dukungan finansial pada industri kilang minyak. Laporan ini mengulas kerusakan terhadap fasilitas industri yang diakibatkan oleh gempa bumi terdahulu, dan memperkenalkan garis besar proyek nasional untuk perkuatannya.

Kerusakan terhadap Fasilitas Industri selama Gempa Bumi dan Tsunami Terdahulu

Kerusakan terhadap fasilitas industri yang diakibatkan oleh gempa bumi dan tsunami dapat diringkas sebagai berikut;

• Kerusakan Tangki Minyak oleh Gaya Inersia Dinamik sebagai Akibat Gerakan Gempa

Foto 1 menunjukkan ledakan dan kebakaran 17 tangki bulat LPG di suatu kilang minyak di Teluk Tokyo ketika gempa bumi besar Jepang Timur tahun 2011. Dipastikan penyebab kerusakan adalah gaya inersia gempa yang kuat yang diperburuk dengan

lunaknya permukaan tanah reklamasi.

• Limbah Minyak dari Tangki dan Kebakaran Lanjutan

Sebagaimana pada Foto 2, selama gempa bumi Tokachi-Oki tahun 2003, sebuah tangki minyak mentah dan tangki nafta terbakar habis karena getaran yang disebabkan oleh gerakan gempa periode panjang mengakibatkan minyak teraduk

• Settlement dan Pemiringan Tangki Minyak yang Diakibatkan oleh Likuifaksi Permukaan Tanah Pondasi

Foto 3 menunjukkan pemiringan tangki produk minyak sebagai akibat berkurangnya kapasitas dukung permukaan tanah pondasi dengan terjadinya likuifaksi selama gempa bumi Kobe tahun 1995.

• Pecahnya Pipa Minyak dan Gas, dan Tiang Pondasi karena Terjadinya Pergeseran Besar (*Displacement*) Permukaan Tanah dengan adanya Likuifaksi

Gbr. 1(a) adalah foto udara lapangan tangki di Kobe, dua hari setelah gempa bumi. Pasir mendidih memenuhi lapangan, yang mengindikasikan bahwa seluruh area sudah mengalami likuifaksi (bagian yang diwarnai kuning di gambar). Sejumlah besar gas bocor akibat pecahnya pipa LPG. Gbr. 1(b) menunjukkan pergeseran horisontal dan vertikal permukaan tanah lapangan tangki, yang mengindikasikan bahwa tembok laut bergeser hingga sejauh 3,6 m ke arah laut, dan keseluruhan lapangan tangki yang berukuran 400 × 400 m juga bergeser 2-3 m ke arah laut.

• Tangki Minyak Terangkat dan Tersapu

Banjir tsunami mengangkat tangki minyak dan menghanyutkannya ke laut dan membakar permukaan laut yang luas pada saat gempa bumi Jepang Timur, seperti pada Foto 4.

Foto 1 Ledakan dan kebakaran 17 tangki bulat LPG (gempa bumi Jepang Timur 2011)

Foto 2 Kebakaran tangki minyak mentah dan nafta akibat gerakan gempa periode panjang (gempa bumi Tokachi-oki 2003)

Foto 3 Penurunan dan pemiringan tangki produk minyak akibat likuifaksi tanah (gempa bumi Kobe 1995)

Gbr. 1 Likuifaksi Tanah dan Pergeseran Permukaan Tanah (*Ground Displacement*) pada Pulau Reklamasi Buatan Teluk Osaka (Gempa Bumi Kobe 1995)

Foto 4 Hanyut keluar dari tangki minyak ke laut akibat tsunami (gempa bumi Jepang Timur 2011)

Asemen Kerusakan Taman Industri di Teluk Tokyo

Di sekitar Teluk Tokyo, terdapat pulau-pulau buatan hasil reklamasi teluk. Kebanyakan pulau-pulau ini dan dinding *piernya* tidak memiliki ketahanan terhadap likuifaksi tanah, karena dibangun sebelum gempa bumi Niigata pada tahun 1964, yang pertama kali menyadarkan kita akan fenomena likuifaksi dan kerusakan yang diakibatkannya dari sudut pandang keteknikan. Gbr. 2 menunjukkan contoh asesmen likuifaksi tanah, pergerakan permukaan tanah dan tembok laut (*seawall*) salah satu pulau buatan secara horisontal di teluk Tokyo sebagai akibat dari gempa bumi teluk Tokyo Utara, yang diprediksi segera menjadi ancaman gempa bumi. Ketebalan lapisan tanah likuifaksi dan pergerakan maksimum dinding *pier* diperkirakan masing-masing sekitar 10 m dan 7 m. Di tanah reklamasi sekitar Teluk Tokyo, telah dibangun lebih dari 5 ribu tangki penyimpanan minyak, produk minyak, gas tekanan tinggi dan bahan beracun. Sebagian besar berada di atas permukaan tanah yang sangat berpotensi mengalami likuifaksi, dan displasment horisontal dan vertikal.

Lebih jauh lagi, terdapat lebih dari 600 *floating roof tank* untuk penyimpanan minyak mentah dan minyak berat sekitar Teluk Tokyo. Ditaksir sejumlah besar minyak tumpah dari tangki-tangki ini selama gerakan gempa periode panjang yang diinduksi oleh gempa bumi Palung Nankai sepanjang pantai Pasifik Jepang barat

Gbr. 3 menunjukkan contoh simulasi numeris difusi minyak dengan volume sekitar 22.000 kl di permukaan laut, sebagai akibat dari pecahnya tangki minyak karena likuifaksi tanah dan limpahan minyak selama gerakan gempa periode panjang. Minyak yang tumpah dari pantai timur Teluk Tokyo akan mencapai pantai barat dalam tiga hari dengan kondisi kecepatan angin 5,0 m/s di musim panas. Dalam kondisi demikian, rute laut utama yang merupakan fungsi maritim teluk akan lumpuh dan kegiatan ekonomi di daerah metropolitan Tokyo akan sangat terpengaruh dengan terhentinya transportasi laut.

Gbr. 2 Asesmen Likuifaksi Tanah dan Induksi Displasemen Permukaan Tanah (Gempa Bumi Teluk Tokyo Utara)

Gbr. 3 Difusi Minyak Mentah di Teluk Tokyo (musim panas, kecepatan angin 5,0 m/s dengan arah barat daya)

Langkah untuk Peningkatan Ketahanan Gempa Bumi Fasilitas Industri

Perkuatan tembok laut dibutuhkan untuk mencegah kerusakan fasilitas industri di dekat tembok laut. Seperti pada Gbr. 4, ada tiga jenis tindakan yang diterapkan untuk melindungi tembok laut eksisting. Metode pertama adalah membangun turap baja di belakang tembok eksisting. Metode kedua adalah dengan perbaikan tanah untuk menahan likuifaksi. Pada metode ketiga, tiang baja dipancang dalam dua baris dengan interval yang sesuai di belakang tembok laut. Dalam metode ini kelompok tiang pancang diharapkan dapat mencegah aliran tanah yang terlikuifaksi. Efektifitas tiap metode sudah diuji melalui eksperimen dengan kondisi sentrifuge.

Gbr. 5 menunjukkan contoh penanganan tangki minyak menghadapi likuifaksi tanah dan tsunami. Turap baja sekitar tangki menahan aliran keluar tanah likuifaksi di bawah tangki, yang dapat mencegah penurunan dan pemiringan tangki. Pipa baja di atas permukaan mencegah terjadinya tumbukan benda-benda yang mengapung dengan tangki selama tsunami.

Gbr. 4 Perkuatan Tembok Laut terhadap Likuifaksi dan Induksi Pergeseran Permukaan Tanah

Gbr. 5 Penanganan Tangki Minyak untuk Menghadapi Likuifaksi dan Tsunami

Rekomendasi mengenai Ketahanan Gempa Bumi dan Tsunami Taman Industri

Pada tahun 2013, Kementerian Ekonomi, Perdagangan dan Industri Jepang (*the Ministry of Economy, Trade and Industri* (METI)) memprakarsai kebijakan untuk meningkatkan ketahanan gempa bumi dan tsunami dari taman-taman industri. Dua puluh empat kilang minyak dipilih dari area yang memiliki probabilitas dihantam gempa besar dan tsunami di waktu dekat. (Lihat Gbr. 6)

Penulis merekomendasikan saran-saran di bawah ini pada berbagai organisasi terkait termasuk pemerintah Jepang agar melakukan promosi aktif untuk meningkatkan ketahanan gempa bumi dan tsunami dari taman-taman industri.

Rekomendasi pertama adalah, disamping perkuatan masing-masing pabrik industri, peningkatan ketahanan gempa dan tsunami di area luas seperti pulau buatan termasuk area laut harus dilakukan promosi yang intens, karena bencana yang terjadi di suatu pabrik dapat melebar ke pabrik berdekatan dan juga berdampak ke area yang lebih luas. Untuk mencapai

hal ini, dibutuhkan kepemimpinan yang kuat dari pemerintah setempat dan pusat untuk memimpin perusahaan-perusahaan industri. Untuk meningkatkan ketahanan area sekitarnya terhadap bencana, dibutuhkan lebih banyak investasi publik yang ditujukan untuk properti bagi industri swasta, khususnya industri kecil yang kebanyakan tidak memiliki pondasi finansial yang memadai.

Penyebaran informasi mengenai risiko harus dilakukan diantara pemerintah, industri dan komunitas local. Hal ini penting untuk mendorong peningkatan ketahanan gempa bumi dan tsunami area industri yang lebih luas termasuk komunitas setempat. Karenanya, dibutuhkan asesmen mengenai dampak hilangnya fungsi taman industri terhadap negara dan juga ekonomi dunia agar dapat ditetapkan kebijakan dan strategi nasional yang efektif.

Gbr. 6 Survei dan Praktek Peningkatan Ketahanan Gempa Bumi dan Tsunami pada Komplek Industri—Kebijakan Kementerian Ekonomi, Perdagangan dan Industri (2013~)



Masanori Hamada: After graduating from the Faculty of Science and Engineering, Waseda University, he entered Taisei Corporation in 1968. Then he served as professor of Tokai University and Waseda University, and filled the post of professor emeritus at Waseda University in 2014. He assumed his current position as Chairman of Asian Disaster Reduction Center in 2014.

Photo: Tokyo Fire Department



Photo 1 Explosion and fire of 17 spherical LPG tanks (2011 East Japan earthquake)



Photo 2 Fire of crude and naphtha tanks by long-period seismic motion (2003 Tokachi-oki earthquake)

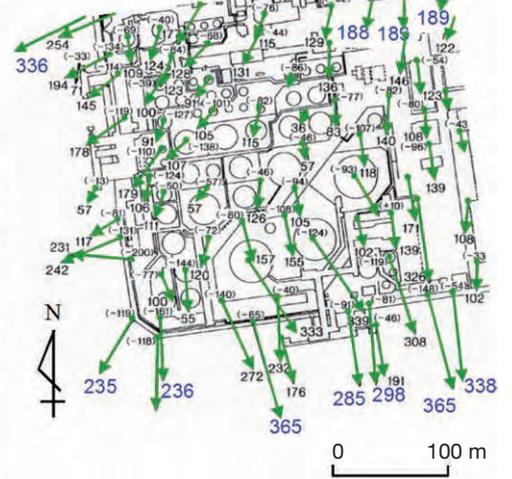


Photo 3 Settlement and inclination of oil product tank by soil liquefaction (1995 Kobe earthquake)

Fig. 1 Soil Liquefaction and Ground Displacement of a Man-made Island Reclaimed from the Osaka Bay (1995 Kobe Earthquake)



(a) Soil liquefaction (The yellow colored ground surface shows the thick deposit by the boiling of liquefied sand)



(b) Ground surface displacements (The vectors show the horizontal displacements, and the numerals in the parentheses are the vertical displacements, unit: cm)



Photo 4 Floating out of oil tanks into the sea by the tsunami (2011 East Japan earthquake)

Fig. 2 Assessment of Soil Liquefaction and Its Induced Ground Displacement (Northern Tokyo Bay Earthquake)

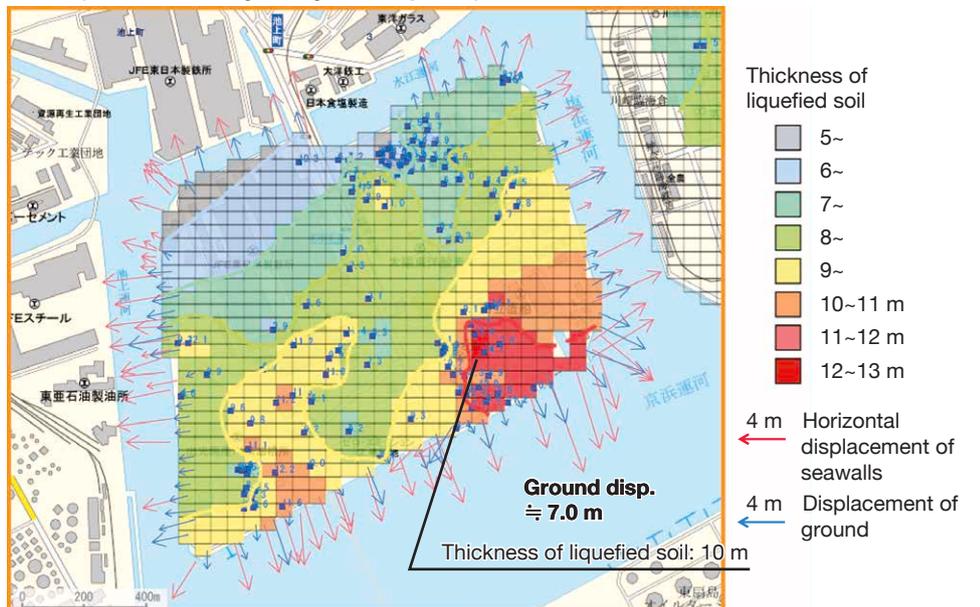


Fig. 3 Diffusion of Crude Oil in Tokyo Bay (summer season, the wind speed of 5.0 m/s in southern-west direction)

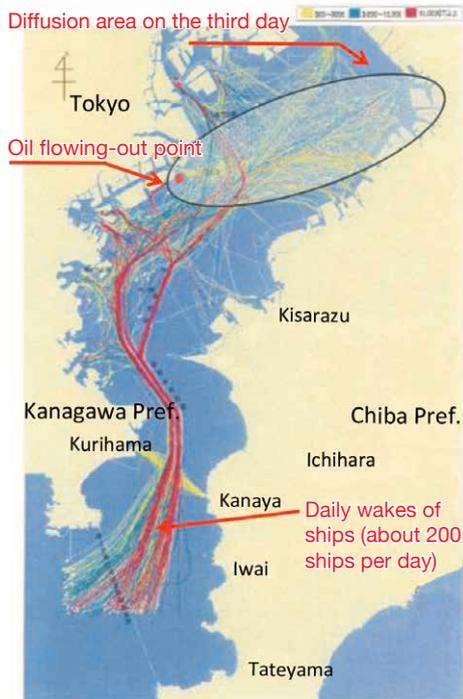


Fig. 4 Reinforcement of Seawalls against Soil Liquefaction and Its-Induced Ground Displacement

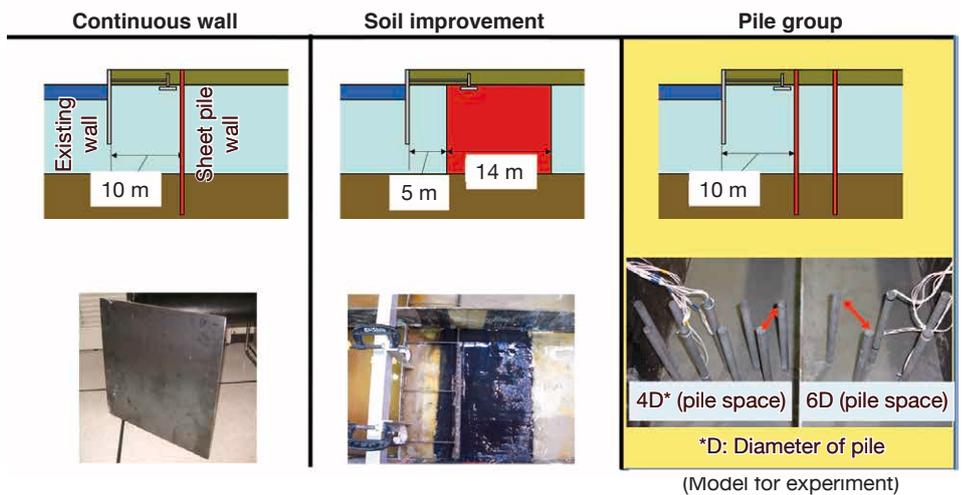


Fig. 5 Measures of Oil Tanks against Soil Liquefaction and Tsunamis

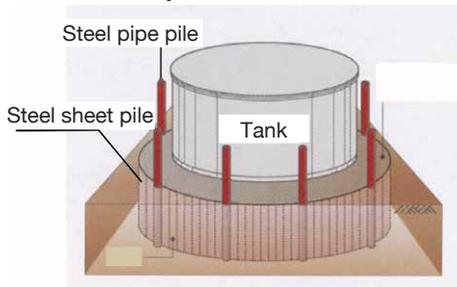
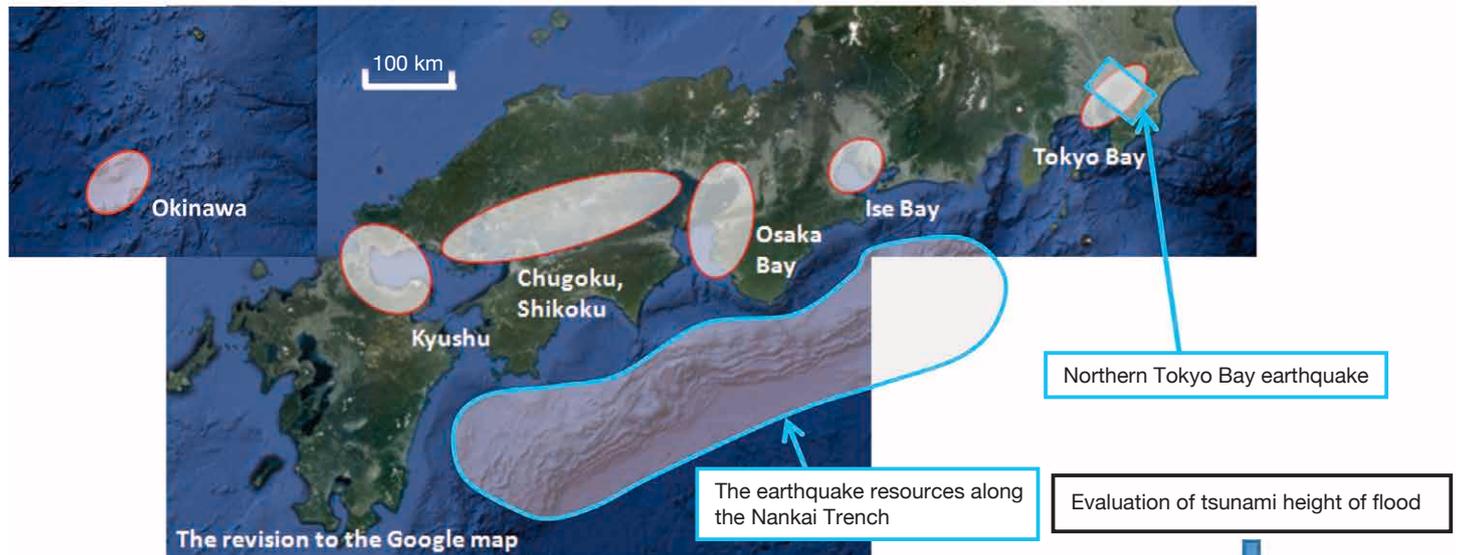
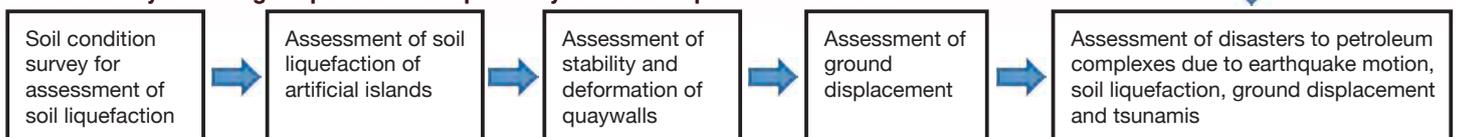


Fig. 6 Survey and Practice of Earthquake and Tsunami Resistance Enhancement of Industrial Complexes—Policy by Ministry of Economy, Trade and Industry (2013~)

Northern Tokyo Bay earthquake, earthquake resources along the Nankai Trench, and location of petroleum complexes (red oval): Industrial complexes



Flow of survey on damage to petroleum complexes by future earthquakes and tsunamis



• 24 petroleum industries, 16 billion yen/year (public fund)

(Halaman 4~6)

Pencegahan Kerusakan yang Diakibatkan Likuifaksi terhadap Jembatan Eksisting—Pengembangan Metode Evaluasi Ketahanan Gempa dan Teknologi Penanganan Gempa untuk Pondasi Jembatan—

Oleh Toshiaki Nanazawa dan Michio Ohsumi
Institut Riset Pekerjaan Umum

Menuju Jaringan Jalan Raya yang Sangat Resilien

Gempa bumi besar mengakibatkan risiko kerusakan yang tinggi terhadap jembatan-jembatan eksisting yang berada di atas permukaan tanah yang dapat mengalami likuifaksi. Karenanya, agar jaringan jalan raya menjadi resilien, perlu ditentukan jembatan demikian dengan menggunakan metode verifikasi dan menyusun metode untuk penanganan gempa yang efektif. Untuk mencapai tujuan ini, Pusat Asesment dan Riset Struktural Rekayasa Lanjut (*Center for Advanced Engineering Structural Assessment and Research (CAESAR)*) Institut Riset Pekerjaan Umum memiliki proyek riset yang dilaksanakan sejak 2014 dengan tujuan mengembangkan metode verifikasi ketahanan gempa dan teknologi ketahanan gempa untuk pondasi jembatan pada permukaan tanah yang dapat mengalami likuifaksi.

Artikel ini menggambarkan status proyek riset tersebut.

Garis Besar Riset

• Analisis Contoh Kerusakan yang Diakibatkan Gempa Bumi Besar yang Lalu

Analisis dilakukan terhadap 38 contoh kerusakan pada jembatan yang dibangun di permukaan tanah yang mengalami likuifaksi ketika terjadi gempa bumi besar sebelumnya. Berdasarkan analisis ini, bentuk kerusakan yang mempengaruhi ketahanan gempa dapat diklasifikasikan ke dalam tiga jenis. Riset ini difokuskan pada salah satu tipe dengan jumlah contoh hanya sedikit, yaitu kerusakan abutmen (*abutment*) yang mengganggu fungsi transportasinya. Untuk itu dilakukan eksperimen and pemeriksaan analitis terhadap abutmen tersebut. Foto 1 menunjukkan contoh kerusakan ini terhadap abutmen.

• Proposal Metode dan Struktur Perkuatan Pondasi

Melalui riset gabungan dengan Asosiasi Tiang Pancang Baja Jepang (*Japanese Association for Steel*

Pipe Piles (JASPP)) disusun sebuah proposal. Khusus untuk metode dan struktur perkuatan untuk pondasi menggunakan tiang pancang baja dan turap baja diusulkan melalui pemeriksaan terhadap tiga aspek di bawah ini:

- Efektif terhadap perilaku gempa dan mekanisme kerusakan pondasi
- Menghindari gangguan lalu lintas selama pekerjaan perkuatan
- Dimungkinkannya penggunaan mesin konstruksi pada lapangan kerja seperti terkait jarak bebas di bawah gelagar.

Gbr.1 menunjukkan contoh struktur perkuatan yang diusulkan untuk abutmen.

Foto 1 Kerusakan pada abutmen yang terletak di permukaan tanah likuifaksi

Gbr. 1 Contoh Struktur Perkuatan untuk Pondasi Abutmen (Dinding Turap Pipa Baja: *Side-integrated Type*)

• Verifikasi Perilaku Gempa dari Pondasi dan Teknologi Penanganan Gempa melalui *Shaking Table Tests*

Shaking table tests dilakukan di Institut Riset Pekerjaan Umum dan digunakan pada abutmen pada permukaan tanah yang dapat terlikuifaksi dengan menggunakan *shaking table* skala besar untuk memverifikasi aliran permukaan tanah likuifaksi, perilaku gempa pondasi lama, dan keefektifan struktur perkuatan yang diusulkan. Foto 2 menunjukkan spesimen pada *shaking table*.

Berikut ini ditunjukkan hasil uji dua kasus—Kasus 1 dimana dibuat model abutmen eksisting tanpa desain untuk likuifaksi; dan Kasus 5 dimana *footing* dipanjangkan ke samping dan diintegrasikan dengan turap pipa baja. (Lihat Tabel 1 dan Gbr. 2) Skala abutmen digunakan 1/10. Model abutmen didesain dengan skala prototipe dengan asumsi tinggi abutmen 8 m dan ketebalan lapisan yang dapat terlikuifaksi adalah 10 m. Jembatan model akan diberikan gelombang gempa artifisial ke arah aksial, dan diterapkan gerakan gempa permukaan tanah desain (I-I-3) untuk dianalisis dinamik sebagaimana ditentukan dalam *Spesifikasi untuk Jembatan Jalan Raya* dari Asosiasi Jalan Jepang.

Foto 3 menunjukkan kondisi deformasi permukaan tanah setelah guncangan pada Kasus 1. Terlihat dari foto bahwa hampir tidak terjadi deformasi pada bagian belakang abutmen tetapi terdapat deformasi besar di bagian depan. Gbr. 3 menunjukkan perubahan sekuler

tekanan air pori lebihan pada bagian belakang abutmen dan pada tumit lereng (*slope toe*) (lingkaran merah di gambar). Pada kedua kasus, sekalipun rasio tekanan air pori lebihan mencapai sekitar 1,0 pada tumit lereng dan terjadi likuifaksi permukaan tanah, tidak terjadi likuifaksi permukaan tanah di sisi belakang abutmen.

Gbr. 4 menunjukkan distribusi regangan lentur tiang pancang pada seksi I-I dalam Gbr. 2 ketika regangan lentur tiang pancang dan displasemen abutmen mencapai maksimum. Pada kedua kasus, regangan lentur melampaui regangan leleh dengan margin besar pada kepala tiang dan pada seksi antara tiang pancang eksisting. Sebaliknya, pada Kasus 5, karena regangan lentur pipa perkuatan tetap berada dalam rentang elastis dan kuat geser pipa perkuatan cukup besar, maka dapat dikatakan bahwa keseluruhan struktur pondasi memiliki ketahanan gempa.

Gbr. 5 menunjukkan perubahan sekuler displasemen lateral dan sudut rotasi pada bagian bawah *footing*. Pada kedua kasus, sekalipun hampir tidak terlihat adanya perbedaan displasemen abutmen, apabila tiang pancang eksisting mengalami plastisasi menerus, diramalkan perbedaan displasemen akan terjadi.

Di masa depan, untuk memperjelas perilaku pondasi setelah proses plastisasi, direncanakan akan dilakukan uji verifikasi skala besar dengan menggunakan model dengan skala pengecilan 1/4,5.

Foto 2 Spesimen pada *shaking table*

Tabel 1 Kasus untuk Penanganan Gempa untuk Abutmen

Gbr. 2 Garis Besar Model Abutmen

Gbr. 3 Perubahan Sejuler Tekanan Air Pori Lebihan

Gbr. 4 Distribusi Regangan Lentur Tiang Pancang pada Saat Respons Maksimum

Gbr. 5 Perubahan Sekuler Displasemen Lateral dan Sudut Rotasi di Bawah *Footing*

• Struktur Pendekatan Analitis Lanjut

Saat ini CAESAR dan Institut Teknologi Tokyo sedang melakukan riset bersama mengenai teknologi analitis. Tujuannya adalah untuk mengembangkan teknologi analitis untuk pondasi permukaan tanah likuifaksi dengan reproduksi contoh kerusakan dan uji *shaking table*. Dengan tujuan tersebut maka pemeriksaan dilakukan dengan cara analisis dinamik menggunakan model finit tiga-dimensi dimana permukaan tanah dan abutmen dianggap sebagai elemen solid dan tiang pancang sebagai elemen

Gbr.6 Analisis Dinamik Menggunakan Model Elemen Finit Tiga-Dimensi dalam Kasus 3 (Institut Teknologi Tokyo)

Penyebaran ke Masyarakat

Penyebaran hasil riset ini dilakukan oleh CAESAR dengan berbagai cara—dimasukkan dalam standar desain jembatan dan dukungan teknis penanganan perkuatan gempa dengan mengumumkan kepada publik petunjuk desain yang mencantumkan hasil capaian ini

Ucapan Terima Kasih

Riset ini didukung oleh Dewan Sains, Teknologi dan Inovasi (*Council for Science, Technology and Innovation* (CSTI)), Program Promosi Inovasi Strategis Lintas Kementerian, “Peningkatan ketahanan masyarakat terhadap bencana alam” (Pemberi dana: JST). Kami mengucapkan terima kasih kepada Dewan Sains, Teknologi dan Inovasi yang telah mendukung proyek riset ini.



Toshiaki Nanazawa: After finishing the master's course of Graduate School of Engineering, Tohoku University, he entered the Ministry of Construction in 1994. In 2010, he became Researcher at the Public Works Research Institute, and assumed his current position as Chief Researcher at the Public Works Research Institute in 2012.



Michio Ohsumi: After finishing the master's course of Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, he entered the Ministry of Construction in 1996. In 2010, he served as Director of Naniwa National Road Works Office, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. He assumed his current position as Chief Researcher at the Public Works Research Institute in 2016.



Photo 1 Damage to bridge abutment located in the ground where liquefaction occurred²⁾

Fig. 1 Example of Reinforcing Structure for Abutment Foundation (Steel Pipe Sheet Pile Wall: Side-integrated Type)

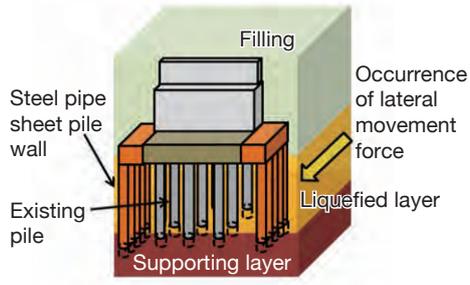


Photo 2 Specimens on the shaking table

Table 1 Test Cases for Seismic Countermeasures for Abutments

Case	Standard applied	Detail of foundation	Countermeasure structure	Configuration of backfill
Case 1	Former standards*	Prefabricated RC pile: φ450 mm 8×3 rows	No countermeasure	River dike
Case 5	Former standards*	Prefabricated RC pile: φ450mm 8 ×3 rows	Steel pipe sheet pile wall: Side-integrated type φ600×8 piles (one side: 4 piles)	River dike

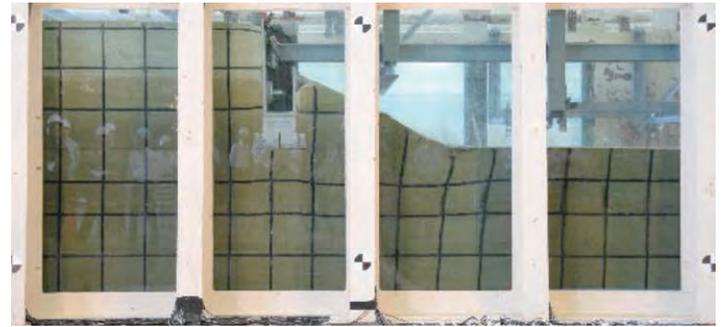


Photo 3 Ground deformation after excitation (Case 1)

* *Design of Pile Foundations—Guidelines to Design of Substructures of Highway Bridges* (Mar. 1964, Japan Road Association)

Fig. 2 Outline of Abutment Model

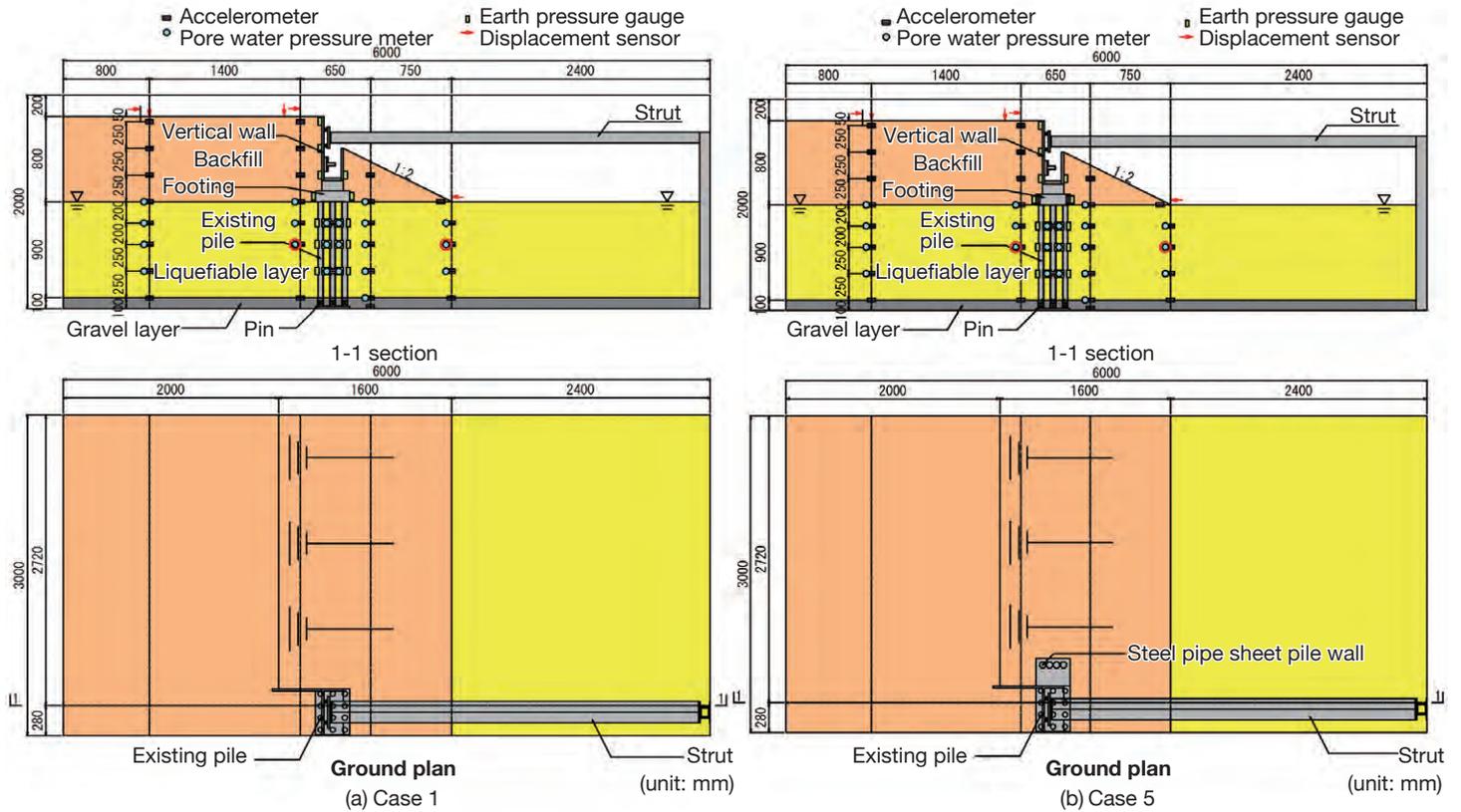


Fig. 3 Secular Change of Excess Pore Water Pressure

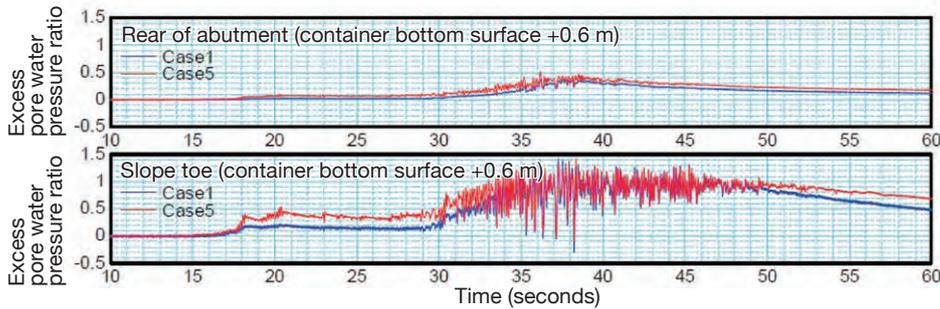


Fig. 4 Distribution of Bending Strains of Pile at the Time of Maximum Response

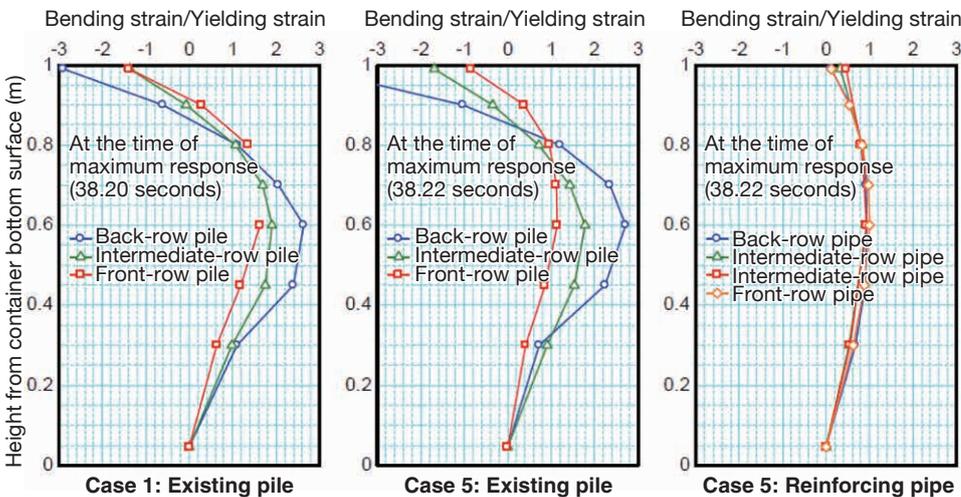


Fig. 5 Secular Change of Lateral Displacement and Rotation Angle at the Bottom of Footing

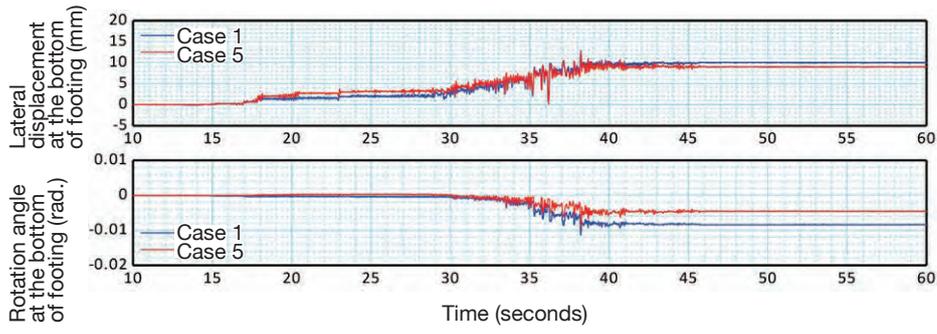
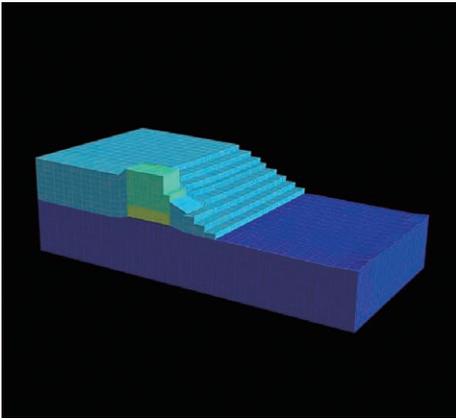


Fig. 6 Dynamic Analysis Using Three-dimensional Finite Element Model in Case 3 (Tokyo Institute of Technology)¹⁾



(Halaman 7~9)

Estimasi Kapasitas Dukung Tiang Pancang **— Langkah Perbaikan Akurasi Estimasi dengan Uji Pembebanan Dinamik—**

oleh Takaaki Mizutani

Institut Riset Pelabuhan dan Pelabuhan Udara, Institut Nasional Teknologi Maritim, Pelabuhan dan Aviasi

Menuju Estimasi Akurasi Tinggi Kapasitas Dukung Tiang

Penerapan desain berbasis kinerja dalam standar teknis mengikuti kecenderungan internasional. Dalam hal ini, pendekatan desain berbasis kinerja dan desain berbasis reliabilitas sudah dimasukkan dalam *Standar Teknis dan Penjelasan untuk Fasilitas Pelabuhan di Jepang* sejak revisi mulai tahun 2007. Penerapan pendekatan desain berbasis reliabilitas memungkinkan desain struktural yang efisien dan pemeriksaan lanjut ketahanan gempa. Akan tetapi, di dalam standar masih terdapat pasal mengenai kapasitas dukung tiang (resistansi aksial) dalam kerangka metode faktor keamanan, dan yang saat ini sudah ketinggalan dilihat dari keseluruhan sistem dalam standar. Untuk menghasilkan kapasitas dukung tiang dengan memperhitungkan reliabilitas, diperlukan pengumpulan data dengan statistik terkait jumlah tiang.

Untuk tujuan tersebut, perlu melakukan uji pembebanan terhadap sejumlah tiang untuk memperoleh data terkait. Akan tetapi, uji pembebanan tiang berukuran besar dan sangat mempengaruhi biaya dan masa konstruksi sehingga jumlah uji pembebanan dibatasi. Sementara itu, uji pembebanan dinamik semakin banyak digunakan karena merupakan cara uji yang sederhana. Dalam konstruksi fasilitas pelabuhan di Jepang, banyak kasus dimana tiang pancang baja diinstalasi dengan pancang hidrolis, dan metode pemancangan ini kompatibel dengan uji pembebanan dinamik karena alat pancang dapat diaplikasikan sebagai alat uji pembebanan dinamik. Sebagai langkah untuk memperbaiki akurasi perkiraan kapasitas dukung tiang digunakan uji pembebanan dinamik dimana digunakan sejumlah tiang untuk memeriksa metode yang digunakan untuk mengevaluasi variasi kapasitas dukung tiang dan untuk mengaplikasikan hasil evaluasi tersebut dalam pekerjaan manajemen konstruksi tiang pancang seperti dalam contoh di bawah.

Garis Besar Uji Pembebanan Dinamik

Uji pembebanan dinamik dilakukan pada lokasi

konstruksi untuk jembatan jalan raya tepi pantai yang berada di Pelabuhan Mizushima di Prefektur Okayama. Gbr. 1 menunjukkan lokasi uji, dan Gbr. 2 menunjukkan profil memanjang tanah berdasarkan survei permukaan tanah sebelumnya. Konstruksi akan dilaksanakan untuk sebuah jembatan di mulut Sungai Takahashi yang mengalir ke Pelabuhan Mizushima, dan 19 *pier* jembatan yang melintasi lebar sungai sekitar 1.400 m. Sebagaimana terlihat dalam Gbr. 2, strata tanah hampir seragam arah aksial jembatan, dan direncanakan menggunakan lapis kerikil Dg2 sebagai stratum dukung tiang.

Uji pembebanan dinamik dilakukan pada posisi konstruksi rencana untuk *pier* terkait (dinyatakan dalam P1~P19 dalam Gbr. 2) dan dengan merubah bentuk ujung tiang (tiang ujung terbuka atau tiang ujung silang dimana sebuah pelat rusuk silang disambung las ke bagian dalam ujung daripada tiang pancang ujung terbuka) dan juga lama *curing* (waktu setelah 28 hari instalasi tiang). Diameter tiang uji adalah 1.000 mm sedangkan panjang tiang dari permukaan tanah ke ujung tiang agak bervariasi tergantung posisi *pier* antara 18 m hingga 24 m.

Metode uji mengikuti metode standar yang ditetapkan oleh Masyarakat Geoteknik Jepang, dan analisis kesesuaian bentuk gelombang menggunakan CAPWAP dilakukan terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan PDA untuk menghitung kapasitas dukung tiang pancang. Foto 1 menunjukkan kondisi pengujian pembebanan dinamik, dan Foto 2 kondisi dimana sensor ditempelkan pada tiang uji (bagian yang lingkari garis putih). Untuk melihat kondisi pengujian, silakan mengacu ke literatur yang ada.

Gbr. 1 Lokasi Titik Uji

Gbr. 2 Profil Memanjang Tanah

Foto 1 Kondisi pengujian pembebanan dinamik

Foto 2 Kondisi pengujian dimana sensor ditempelkan di ujung tiang

Evaluasi terhadap Variasi Kapasitas Dukung Tiang

Hasil 53 pengujian pembebanan dinamik yang telah dilakukan dikelompokkan dan kemudian dilakukan analisis statistik dari beberapa aspek. Berikut ini, dijelaskan contoh evaluasi terhadap variasi ketahanan titik tiang.

Gbr. 3 menunjukkan distribusi ketahanan titik tiang yang diperoleh dari posisi *pier* terkait. Terlihat dari gambar, sekalipun tiang yang dipancang berada pada

stratum dukung yang sama, dapat dimengerti bahwa nilai ketahanan titik tiang menunjukkan tingkat variasi tertentu. Sementara itu, dari data dimana waktu curing dan bentuk ujung tiang bertemu pada posisi *pier* yang identik (Gbr. 3), terlihat tahanan titik tiang (*pile point resistance*) tidak terlalu bervariasi. Data statistik yang diperoleh dikelompokkan menurut kondisi uji dan dikompilasi dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 1. Seperti terlihat pada tabel, dapat dilihat bahwa koefisien variasi (*coefficient of variation (C.V)*) pada *pier* pada umumnya hampir mencapai 20% atau lebih kecil, dan pada *pier* tertentu hampir 10% atau lebih kecil.

Berdasarkan karakteristik kapasitas dukung tiang dari hasil uji pembebanan di atas kemudian dibuat konsep metode penentuan faktor keamanan yang digunakan ketika menerapkan nilai karakteristik ini bersert aplikasinya. Lebih khususnya, ditemukan juga bahwa faktor keamanan parsial (faktor resistansi) untuk metode desain berbasis reliabilitas dapat diperbesar (redundansi dalam hal keselamatan dapat diperkecil) dengan melakukan uji pembebanan pada posisi *pier* yang sesungguhnya, dibandingkan dengan kasus dimana desain dilakukan dengan estimasi kapasitas dukung tiang menggunakan formula estimasi biasa. Faktor ini sedang dalam pemeriksaan untuk dapat dimasukkan dalam revisi *Standar Teknis untuk Fasilitas Pelabuhan* (Technical Standards for Port and Harbor Facilities) berikutnya.

Gbr. 3 Tahanan Titik Tiang (*Pile Point Resistance*) Hasil Uji Pembebanan Dinamik
Tabel 1 Besaran Statistik Tahanan Titik Tiang (*Pile Point Resistance*)

Aplikasi Uji Pembebanan Dinamik dalam Manajemen Pekerjaan Pancang

Dalam pemancangan pipa baja menggunakan palu pancang (*hammering*) pada konstruksi fasilitas pelabuhan di Jepang, seringkali pekerjaan pemancangan dilakukan menurut persamaan pemancangan Hiley (*Hiley's pile driving equation*). Akurasi estimasi dengan persamaan ini rendah, padahal persamaan ini ditujukan untuk memperkirakan tahanan penetrasi tiang dari jumlah penetrasi dan pantul tiang yang dipancang dan juga kapasitas dukung tiang. Untuk memperbaikinya, diusulkan untuk melakukan koreksi persamaan Hiley berdasarkan kapasitas dukung tiang yang diperoleh dari uji pembebanan dinamik sebelum diaplikasikan dalam manajemen pekerjaan

pemancangan.

Gbr. 4 menunjukkan hubungan antara kapasitas dukung tiang R_t dari uji pembebanan dinamik dan kapasitas dukung tiang R_{th} dari perhitungan dengan persamaan Hiley. Terlihat dari gambar, hasil uji pembebanan dan hasil perhitungan persamaan Hiley berrelasi hampir proporsional. Dalam gambar, walaupun garis regresi menunjukkan kuatnya hubungan antara jenis palu pancang dan bentuk ujung tiang, koefisien variasi (R_t/R_{th}) melampaui 20%, sehingga variasi di dalam data menjadi besar. Karenanya, diyakini bahwa koefisien terkoreksi variasi yang identik sulit diterapkan pada semua *pier* jembatan.

Sebaliknya, pada uji yang dilaksanakan pada posisi *pier* tertentu, terlihat banyak data yang bersamaan pada posisi ini seperti pada Gbr. 4, dan karenanya dapat dianggap layak untuk menerapkan koefisien variasi terkoreksi yang identik terhadap *pier* tertentu ini. Artinya, bila uji pembebanan dilakukan pada posisinya tertentu ini, manajemen pekerjaan pancang dapat dilakukan dengan akurasi tinggi dengan memanfaatkan data yang diperoleh dari uji pembebanan. 1

Gbr. 4. Perbandingan antara Hasil Uji Pembebanan Dinamik dan Hasil Perhitungan Menggunakan Persamaan Hiley

Pengembangan Metode Uji Tiang yang Lebih Sempel

Dalam artikel ini, diperkenalkan berbagai pemeriksaan peningkatan akurasi estimasi kapasitas dukung tiang dan untuk manajemen pekerjaan pemancangan dengan memanfaatkan uji pembebanan, sebagaimana yang saat ini diusahakan untuk revisi *Standar Teknis untuk Fasilitas Pelabuhan di Jepang*. Untuk meningkatkan reliabilitas pemeriksaan, dilakukan pengumpulan data yang besar terkait uji pembebanan tiang. Sekalipun akurasi kapasitas dukung tiang dapat ditingkatkan, tetap harus diingat bahwa tidak ada metode yang dapat mengkonfirmasi kapasitas dukung tiang dengan akurasi tinggi selain melakukan uji pembebanan di posisi titik pancang sesungguhnya.

Bagaimanapun juga, pengembangan metode uji tiang yang sederhana seperti uji pembebanan dinamik menawarkan kontribusi lebih besar lagi dalam desain struktural dan konstruksi tiang pancang, dan diperkirakan kebutuhan akan uji pembebanan dinamik dan metode uji tiang pancang yang sederhana lainnya akan lebih meningkat

Sementara itu, pada lokasi dimana dilakukan uji pembebanan dinamik, jembatan jalan raya tepi pantai yang dibangun menunjukkan kemajuan yang nyata. Jembatan tersebut setelah selesai dinamakan Jembatan Kurashiki Minato dan dibuka untuk lalu lintas pada bulan Maret 2017 (Foto 3).

Foto 3 Jembatan Kurashiki Minato dalam konstruksi di lokasi uji dibuka untuk lalu lintas pada bulan Maret 2017 (bagian depan)

Fig. 1 Location of Testing Site

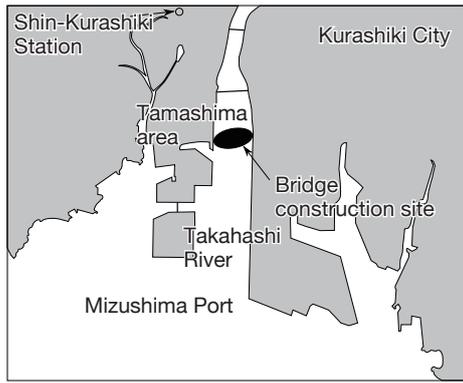


Fig. 2 Longitudinal Profile of Soil

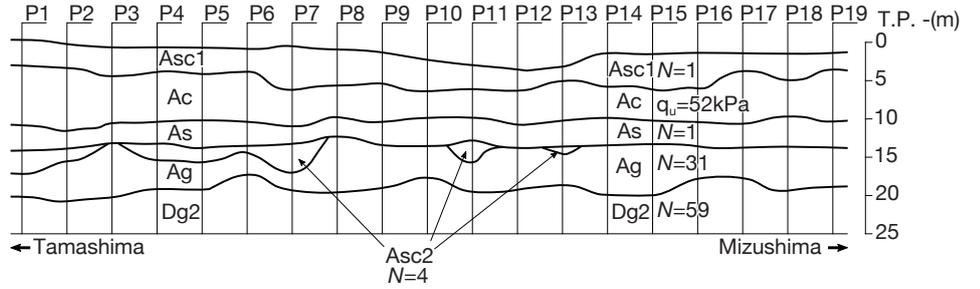


Photo 1 Condition of dynamic loading testing



Photo 2 Condition in which sensors are pasted on test pile

Fig. 3 Pile Point Resistance Obtained from Dynamic Loading Tests

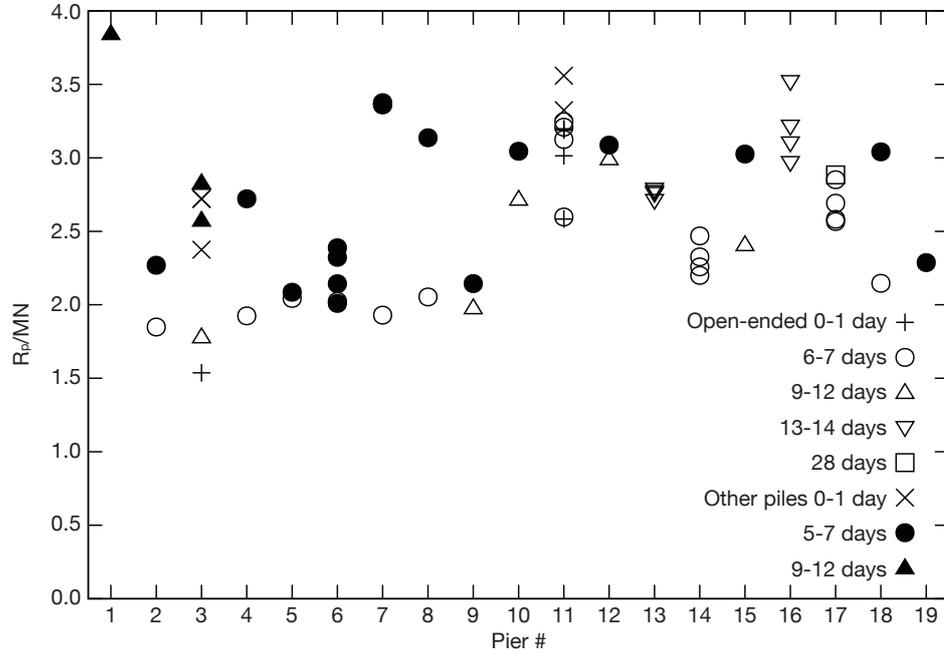


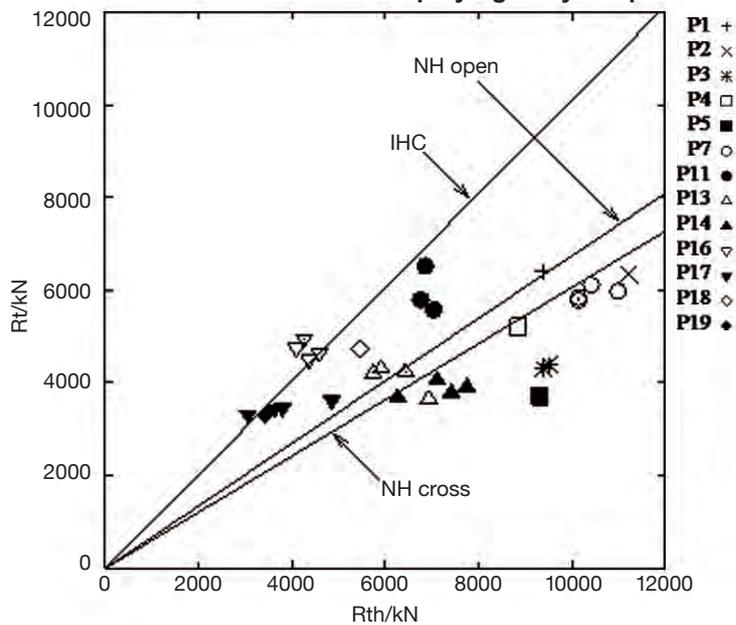
Table 1 Statistical Amount of Pile Point Resistance

Pier #	Pile type	Curing days	Sample size	Mean (kN)	C.V. (%)	Standard error
All	All cases	All cases	53	2650	19.2	69.9
All	Open-ended	All cases	33	2570	18.4	82.2
All	Cross-shaped	All cases	20	2790	19.6	122
11	Open-ended	6	4	3040	9.93	151
14	Open-ended	7	4	2310	5.02	58.0
17	Open-ended	6	4	2670	4.91	65.5
13	Open-ended	14	4	2760	1.18	16.4
16	Open-ended	14	4	3200	7.34	118
6	Cross-shaped	6	4	2220	7.75	86.0
7	Cross-shaped	6	4	3370	0.190	3.20



Photo 3 The Kurashiki Minato Bridge under construction at the testing site was completed and opened to traffic in March 2017 (foreground)

Fig. 4 Comparison between Dynamic Loading Test Results and Calculation Results Employing Hiley's Equation



(Halaman 10~12)

Evaluasi Kekuatan Ultimit Tiang Pancang Pipa Baja pada Tanah Likuifaksi

— Kekuatan Ultimit Tiang Pancang Pipa yang Digunakan untuk Bangunan Tinggi diatas Tanah Likuifaksi selama Gempa Bumi Besar—

Oleh Yoshihiro Kimura

Profesor, Universitas Tohoku

Klarifikasi Fenomena Tekuk Dinamik Tiang Pancang

Ketika Gempa Bumi Besar Jepang Timur pada tahun 2011, likuifaksi tanah terjadi pada daerah yang luas termasuk daerah pantai Teluk Tokyo sejauh lebih dari 500 km dari pusat gempa. Akibat likuifaksi tanah karena gempa bumi, banyak bangunan yang mengalami kerusakan akibat inklinasi. Sementara itu, displasemen horisontal pada lantai atas bangunan tinggi mencapai beberapa meter ketika gempa. Dan, momen guling bangunan tinggi yang diakibatkan karena gaya inersia mencapai beberapa kali momen guling bangunan rendah dan sedang, yang berarti gaya aksial balik (*reversed axial force*) yang tidak diperhitungkan dalam tahap konstruksi terjadi pada tiang pancang pondasi yang digunakan pada gedung-gedung tinggi tersebut.

Di daerah pantai di kota-kota besar, banyak bangunan tinggi yang dibangun di atas tanah reklamasi dan permukaan tanah lunak dekat sungai. Ketika bangunan-bangunan ini mengalami gempa bumi besar periode panjang seperti yang disebut di atas, bangunan-bangunan ini dan tanah likuifaksi beresonansi, dan sebagai hasilnya, terjadi gaya aksial balik yang bekerja pada tiang pancang pondasi (lihat Gbr. 1). Dan, ketika tiang dipancang pada lapisan likuifaksi yang kehilangan kekakuan horisontalnya mengalami gaya tekan aksial tinggi, maka sangat mungkin terjadi tekuk fleksural tiang pancang.

Dalam riset ini, fenomena tekuk fleksural tiang pancang pipa baja di bawah bangunan tinggi pada tanah likuifaksi akibat gempa bumi diklarifikasi dengan cara eksperimen pembebanan sentrifugal, dan secara bersama, dievaluasi kekuatan ultimit tiang pancang dengan menggunakan kurva tekuk dengan rasio kerampingan ekivalen modifikasi (*modified equivalent slenderness ratio*).

Gbr. 1 Konsep Tekuk Fleksural Tiang Pancang Baja pada Tanah Likuifaksi

Eksperimen Pembebanan Sentrifugal untuk Model Superstruktur-Tiang Pancang Pipa Baja-Tanah Likuifaksi

Spesimen yang digunakan terdiri dari superstruktur, tiang pancang pipa baja dan tanah sebagaimana pada Gbr. 2. Dimensi spesimen dan posisi pengukuran ditunjukkan dalam gambar. Panjang tiang dalam model adalah 265 mm (10.6 m pada ukuran sebenarnya). Parameter spesimen mencakup gaya aksial inisial tiang pancang, the plate spring length of the superstructure, gelombang gempa, dan nilai maksimumnya (Tabel 1). Spesimen tanah disiapkan dengan metode *air dropping* dimana pasir silica Toyoura disemprotkan dan dikumpulkan. Untuk menjenuhkan tanah, cairan “Metolose” (selulosa larut air non-ionik) digunakan dan viskositasnya dibuat 40 kali viskositas air.

Ada dua gelombang gempa yang digunakan: gelombang gempa pantai sebagai gelombang simulasi dan gelombang hasil observasi di Urayasu ketika Gempa Bumi Besar Jepang Timur pada tahun 2011. Beban sentrifugal diberikan pada lokasi 40g dengan menggunakan apparatus pembebanan sentrifugal di Institut Riset Pencegahan Bencana Universitas Kyoto. (Lihat Foto 1)

Gbr. 3 menunjukkan contoh hasil eksperimen pembebanan sentrifugal—(a) dalam gambar, respons akselerasi superstruktur; (b); respons rasio kelebihan tekanan air pori; (c): respons gaya yang bekerja pada tiang pancang; dan (d) respons regangan lentur (*bending strain*) tiang pancang.

Pada Gbr. 30-(b), dapat dipahami dari alat tekanan air yang dipasang di tiga lokasi mengikuti kedalaman terjadinya likuifaksi tanah melalui seluruh lapisan disekitar detik ke 16. Pada Gbr.3-(c), gaya aksial maksimum yang bekerja pada tiang pancang mencapai 1.582 kN pada sekitar detik ke 22 (tekuk fleksural 307 kN akibat respons superstruktur). Pada Gbr. 3-(d), terkait regangan lentur kepala tiang, penambahan regangan lentur maksimum mencapai tingkat maksimal pada sekitar detik ke 21, kemudian regangan lentur menunjukkan tren naik pada satu arah untuk kemudian mencapai tingkat maksimal pada sekitar detik ke 26, yang selanjutnya menyebabkan kolapsnya tiang pancang.

Foto 2 menunjukkan kondisi deformasi akhir spesimen tiang pancang. Terlepas dari panjang pelat

pegas superstruktur dan perbedaan densitas relatif tanah, pancang pipa baja mengalami deformasi lentur yang besar di bawah tanah, dan potongan melintang tiang menyebabkan leleh.

Hasil eksperimen di atas menunjukkan bahwa tiang pancang pipa baja di bawah bangunan dapat kolaps sebagai akibat dari likuifaksi tanah selama gempa bumi besar.

Gbr. 2 Spesimen dan Instrumentasi

Gbr. 3 History Waktu Respons Kasus 1-1

Foto 1 Aparatus eksperimen pembebanan sentrifugal

Foto 2 Deformasi lentur tiang pancang

Tabel 1 Parameter Spesimen

Evaluasi Kekuatan Ultimit Tiang Pancang Pipa Baja

Untuk mengevaluasi kekuatan ultimit tiang pancang pipa baja selama terjadi tekuk (*buckling*) dinamik, pertama-tama dibangun persamaan untuk beban tekuk fleksural elastik yang diterima pancang pipa baja di tanah likuifaksi yang mengalami gaya aksial tekan dengan menggunakan prinsip variasi berdasarkan metode energi, dan kedua, rasio kerampingan ekuivalen modifikasi yang digunakan dalam rumus beban tekuk fleksural elastik diambil sebagai salah satu parameter untuk evaluasi kekuatan ultimit.

Kemudian, kekuatan tekuk fleksural elasto-plastik dari tiang pancang pipa baja yang diperoleh dari analisis deformasi besar elasto-plastik elemen finit dan eksperimen pembebanan sentrifugal yang disebut di atas, dievaluasi menggunakan kurva tegangan tekuk (Gbr. 4) yang menerapkan rasio kerampingan ekuivalen modifikasi. Selanjutnya, untuk dapat mengevaluasi kekuatan ultimit yang disebut di atas, bukan hanya hasil eksperimen pembebanan sentrifugal yang diterapkan, tetapi juga analisis numerik dijalankan untuk model tiang pancang pipa tunggal dan model tiang pancang pipa superstruktur³⁾

Mengenai kekuatan tekuk dinamik yang diperoleh dari eksperimen dan analisis numerik, kurva tegangan tekuk yang menerapkan rasio kerampingan ekuivalen praktis dapat dievaluasi sebagai batas bawah untuk kekuatan dinamik demikian.

Selanjutnya, dalam Gbr. 5, kekuatan ultimit tiang pancang pipa baja di tanah likuifaksi yang menerima gaya horisontal dan gaya tekan dievaluasi. Sumbu vertikal menunjukkan rasio gaya tekan maksimum terhadap kekuatan tekuk elasto-plastis yang didapat dari kurva tegangan tekuk dalam Gbr. 4, dan sumbu

horisontal adalah rasio momen lentur maksimum terhadap kekuatan lentur plastis penuh.

Kurva terkait dalam gambar menunjukkan kurva kekuatan ijin interaksi M-N dalam petunjuk desain yang berlaku saat ini di Jepang dan lengkung kekuatan ultimit yang didapat dari riset eksisting. Tanda + menunjukkan hasil analitis numerik untuk tiang pancang pipa tunggal dan plot lainnya, hasil eksperimen pembebanan sentrifugal; plot ini adalah nilai utama dari respon *time-history* tiang pancang hingga kolapsnya dan merupakan cuplikan dari buku petunjuk dan hasil eksperimen. Plot hijau merupakan nilai gaya aksial dan momen lentur ketika regangan pertambahan lentur maksimum yang didapat dengan menggunakan strain gauge yang ditempelkan di kepala tiang, dan plot merah adalah nilai gaya aksial dan momen lentur ketika regangan lentur maksimum di tempat yang identik. (Lihat Gbr. 5)

Kekuatan ketika regangan pertambahan lentur maksimum (plot hijau) berada dalam kurva kekuatan ijin interaksi M-N seperti digambarkan dalam petunjuk desain yang berlaku, dan kekuatan ultimit ketika regangan lentur maksimum (plot merah) berada di dalam kurva kekuatan ultimit dalam riset saat ini. Pada kondisi ini, kekuatan ijin pancang pipa baja dan kekuatan ultimitnya dapat dievaluasi dengan menggunakan kurva kekuatan ijin interaksi M-N.

Gbr. 4 Kekuatan Tekuk Dinamik dan Kurva Tegangan Tekuk

Gbr. 5 Estimasi Gaya Aksial dan Momen Lentur Tiang Pancang Menggunakan Kurva Interaksi M-N dan Kurva Kekuatan Ultimit



Yoshihiro Kimura: After finishing the doctor's course at the Tokyo Institute of Technology in 1995, he served as professor at the Nagasaki University and the Tohoku University. He assumed his current position as Professor, Tohoku University (New Industry Creation Hatchery Center) in 2012. Among his recent awarding are Paper Awards of JSSC (Japanese Society of Steel Construction) 2009, 2014, Best Paper Award and Keynote Paper Award of GEOMATE 2012, 2016 and The Prize of AIJ (Architectural Institute of Japan) 2017.

Fig. 1 Concept for Flexural Buckling of Steel Pile in Liquefied Soil

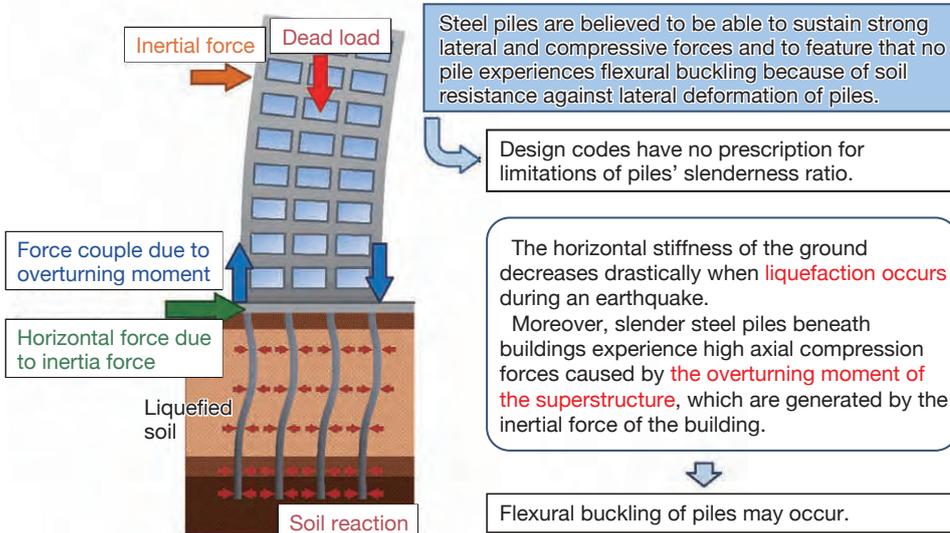


Fig. 2 Specimen and Instrumentation

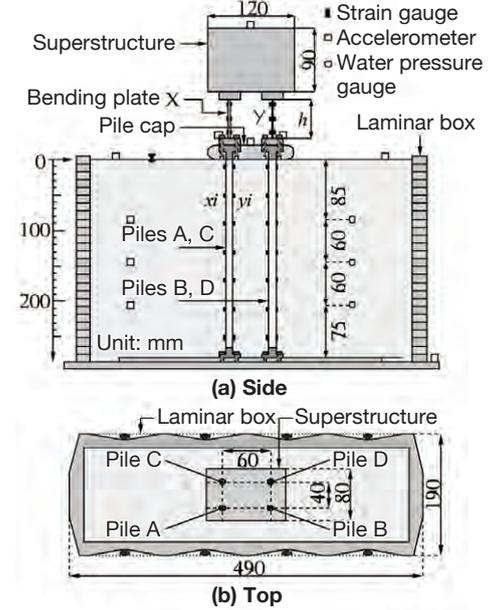


Table 1 Specimen Parameters

Specimen	Initial axial force, N_0 (kN) (N_0/N_y)	Plate length h (mm)	Relative density Dr (%)	Input wave	Maximum input wave (m/s^2)	
Case1-1	1275 (0.33)	35	30	Coastal wave	4.5	
Case1-2			60			
Case1-3		55	30		3.0	
Case1-4			70			60
Case1-5						30
Case1-6	856 (0.33)	35	30		Urayasu wave	4.5
Case1-7						3.0
Case1-8	1275 (0.49)	45	45		Coastal wave	6.0
Case1-9						3.0
Case1-10						35

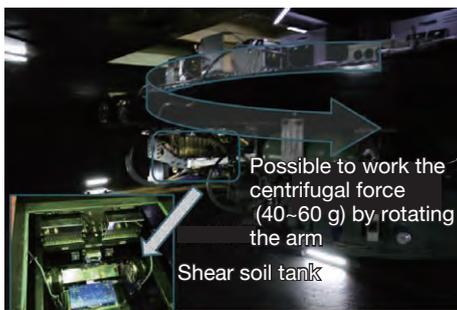


Photo 1 Centrifugal loading apparatus



$h=35$ mm
 $Dr=30\%$

Case 1-1

$h=35$ mm
 $Dr=60\%$

Case 1-2

$h=70$ mm
 $Dr=30\%$

Case 1-4

Photo 2 Bending deformation of piles

Fig. 3 Response Time History of Case 1-1

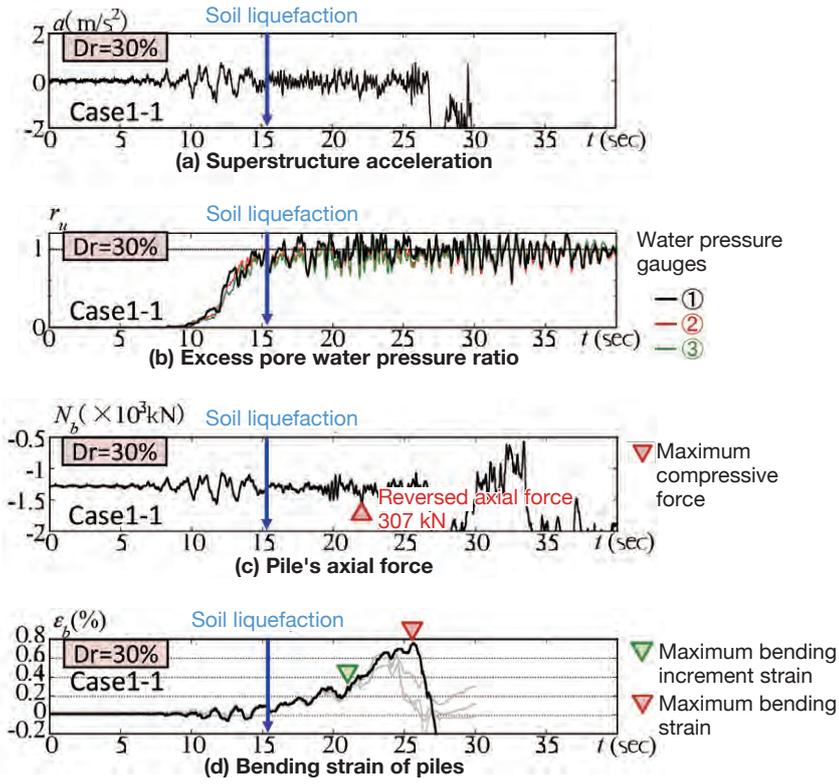


Fig. 4 Dynamic Buckling Strength and Buckling Stress Curves

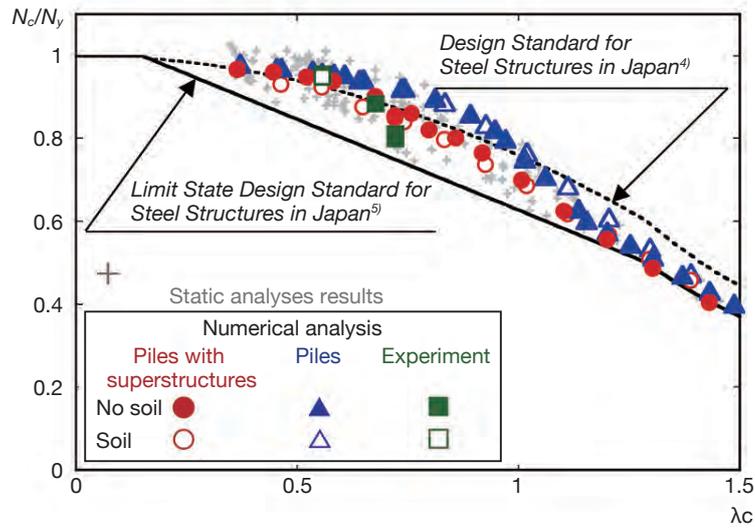
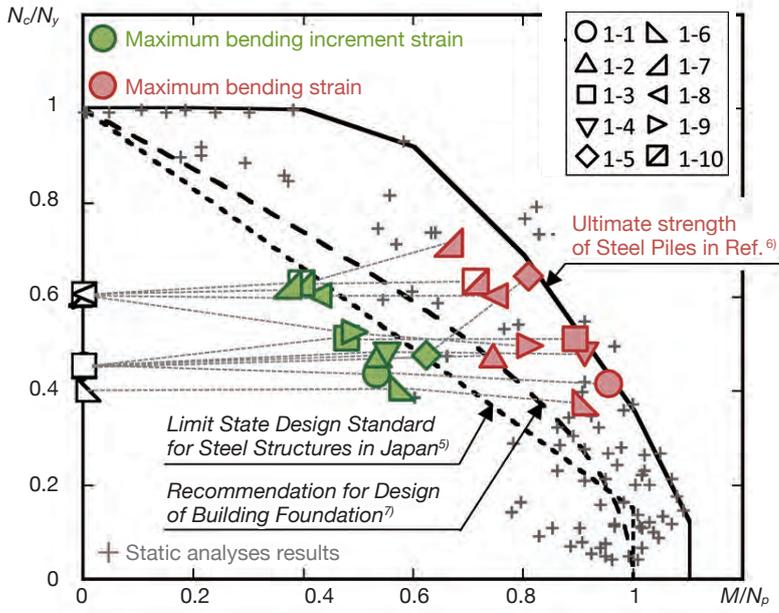


Fig. 5 Estimation of Axial Force and Bending Moment of Piles Using M-N Interaction Curves and Ultimate Strength Curves



(Halaman 13~15)

Studi Metode Evaluasi untuk Tegangan Tiang Pancang selama Gempa Bumi — Menuju Pembentukan Metode Desain Sekunder untuk Pondasi Tiang Pancang Pipa Baja—

Oleh Katsuichirou Hijikata

Profesor, Institut Teknologi Shibaura

Tujuan Study

Dalam konstruksi fasilitas terkait energi dan fasilitas serupa lainnya, kebutuhan akan kekuatan dan mutu tinggi tiang pancang pipa baja semakin meningkat. Dalam desain gempa tiang pancang untuk fasilitas penting demikian, perlu dipastikan keamanan aplikasinya menghadapi dua level gerakan gempa: gerakan gempa level 1 dengan probabilitas sekali atau dua kali selama masa layan dan gerakan gempa level 2 dengan probabilitas sangat jarang terjadi.

Karena pemeriksaan keamanan untuk gerakan gempa level 2 dibuat berdasarkan kekuatan struktur ultimit, penting untuk mengevaluasi nonlinieritas dengan tepat hingga terjadinya deformasi besar permukaan tanah dan tiang pancang. Akan tetapi, pada tahap ini, belum ada pendekatan yang dapat diterapkan untuk bentuk pemeriksaan demikian. Dengan target pancang pipa baja dan pondasi tiang lain yang mempunyai kekuatan tinggi, studi ini ditujukan untuk membuat metode evaluasi tegangan yang terjadi pada tiang pancang selama gempa bumi dan respon gempa struktur dengan cara analisis respon gempa.

Komposisi Model Analitikal

• Garis Besar Metode Analisis Respons Gempa

Gbr. 1 menunjukkan garis besar metode analisis respons gempa (EENA-Multi-PILE) untuk kelompok tiang pancang yang dikembangkan dalam studi ini. Metode ini mengadopsi mode terpadu yang mengevaluasi efek kopling struktur permukaan tanah-kelompok tiang pancang. Di sini kelompok tiang pancang dimodelkan dimana tiap tiang menggunakan sebuah elemen balok, yang diberikan (konstanta) pegas permukaan tanah (*ground spring*) yang mewakili karakteristik gaya reaksi permukaan tanah keliling sekitar tiang pancang

Pegas permukaan tanah horisontal berfungsi sebagai model yang dapat mengevaluasi nonlinieritas permukaan tanah bahkan dengan deformasi besar tiang pancang. Gerakan gempa permukaan tanah bebas pada

posisi kedalaman tiang yang bersangkutan dihitung, dan respons tiang dihitung dengan menerapkan gerakan yang dihitung dari luar pegas permukaan tanah horisontal. Dalam kelompok tiang pancang, efek resiprokal antar tiang terjadi via permukaan tanah, dan diketahui bahwa ada fenomena yang terjadi dimana tegangan pada tiang belakang pada arah getaran menjadi lebih besar dibandingkan tegangan pada tiang depan.

Dalam EENA-Multi_PILE, diadopsi sebuah metode dimana tegangan tiang pancang, yang berbeda tergantung posisi tiang, dihitung langsung dengan memasukkan besaran pegas permukaan tanah yang berbeda untuk tiap tiang pancang.

• Studi Mengenai Pegas Tanah sekitar Tiang Pancang

Dalam memeriksa hubungan beban-deformasi daripada pegas permukaan tanah horisontal yang menunjukkan karakteristik permukaan tanah sekeliling tiang pancang, digunakan sebuah metode Kishida-Nakai tipe bilinier. Dengan metode ini, rijiditas awal tanah keliling tiang pancang dievaluasi menggunakan pegas permukaan tanah Francis dengan modulus deformasi yang ditentukan, dan kemudian ukuran gaya reaksi permukaan tanah ultimit (P_{max}) dievaluasi menggunakan “wedge formula.”

Dalam metode Kishida-Nakai, tidak terlihat hasil eksplorasi gelombang elastis (*PS logging*) yang dapat dengan tepat mengevaluasi karakteristik dinamik permukaan tanah. Kemudian, kami mencatat gambaran berikut sebagaimana terlihat dalam Standar Desain Struktur Jalan Rel dan Penjelasan—Struktur Pondasi dan menetapkan modulus deformasi untuk digunakan untuk pegas permukaan tanah Francis

→ “Modulus deformasi ekuivalen dengan E_{50} (rijiditas secant pada posisi 50% dari tegangan maksimum) adalah nilai sebesar 0,1 kali dari modulus deformasi yang diperoleh dari *PS logging*.”

Dalam kelompok tiang pancang, terdapat fenomena dimana rijiditas tiang pancang/tiang pancang diturunkan karena efek resiprokal antar tiang pancang. Fenomena ini merupakan efek kelompok pada tiang, dan level efek ini dievaluasi menggunakan koefisien formula (1) untuk kelompok tiang pancang. Dalam studi ini, formula evaluasi (2) menggunakan koefisien kelompok tiang pancang diusulkan berdasarkan “analisis nonlinier tiga dimensi” dan berdasarkan “eksperimen aktual di lokasi” untuk kelompok tiang pancang. Dalam formula (2), N menunjukkan jumlah tiang pancang, B diameter tiang, dan S jarak antara tiang pancang.

$$e = \frac{\text{Rijiditas kepala tiang dari kelompok tiang pancang}}{\text{Jumlah tiang} \times \text{Rijiditas kepala tiang pancang tunggal}} \dots\dots (1)$$

$$e = 1/N^{B/S} + 0.2 \quad (e \leq 1.0) \dots\dots\dots(2)$$

Gbr. 2 menunjukkan contoh perbandingan koefisien kelompok tiang pancang antara formula (2) yang diusulkan dan hasil analitikal nonlinier tiga dimensi dalam hal rasio ruang antar tiang (S/B) 2,5. Sebagaimana terlihat dalam gambar, koefisien grup tiang pancang dari formula (2) sama dengan hasil riset analitis eksisting.

Selanjutnya, diketahui bahwa dalam kelompok tiang pancang, perbedaan nilai “gaya reaksi permukaan tanah ultimit” (Pmax) yang terjadi tergantung pada posisi bidang tiang pancang. Kemudian, dengan target kelompok tiang pancang yang memiliki jarak yang sama antar tiang dan tersusun dalam formasi kotak, dan berdasarkan hasil analisis nonlinier tiga dimensi untuk kelompok tiang, kami mengusulkan sebuah metode evaluasi sederhana untuk gaya reaksi standar η yang dalam definisi formula (3). Dengan metode yang diusulkan ini, perbedaan antara Pmax tiang pancang belakang pada arah getaran dengan tiang depan dapat dengan mudah dievaluasi, sedangkan terkait distribusi Pmax, diterapkan distribusi sebagaimana dalam metode usulan.

Gbr. 3 menunjukkan contoh evaluasi η .

$$\eta = \frac{\text{Pmax menurut posisi tiang dalam kelompok}}{\text{Pmax tiang tunggal}} \dots\dots\dots(3)$$

• Usulan Pegas Tanah (Soil Spring) di Sekitar Tiang Pancang

Sebagaimana di atas, pegas tanah di sekitar tiang pancang diusulkan seperti dalam Gbr. 4, dan evaluasinya berdasarkan pada yang berikut:

- *Skeleton curve* tiang tunggal adalah berdasarkan metode Kishida-Nakai tipe bilinear. Untuk *skeleton curve* dalam gambar, dibuat revisi dengan mempertimbangkan efek kelompok tiang menggunakan ξ dan η .
- Modulus deformasi yang digunakan untuk pegas permukaan tanah Francis dievaluasi menggunakan $(0.1 \times E_{PS})$ berdasarkan PS *logging*
- Rijiditas pegas permukaan tanah (*ground spring*) horisontal kelompok tiang diperkecil menggunakan formula $\xi = (1/N^{B/S} + 0.2)^{4/3}$

- Perbedaan Pmax tergantung menurut posisi masing-masing tiang dievaluasi menggunakan metode evaluasi sederhana untuk η . Sementara itu, terkait Pmax tiang yang identik, suatu nilai yang berbeda digunakan menurut arah getaran: nilai untuk tiang belakang ($\eta+$) dan nilai untuk tiang depan ($\eta-$)

- Gbr. 1 Garis Besar EENA-Multi-PILE
- Gbr. 2 Formula Evaluasi Koefisien Kelompok Tiang (S/B=2,5)
- Gbr. 3 Perbandingan Koefisien Standar η antara Formula Evaluasi Usulan dan Analisis 3-D
- Gbr. 4 *Skeleton Curve* dengan Pertimbangan Efek Kelompok Tiang Pancang

Hasil Analisis yang Diperoleh dengan EENA-Multi-PILE

Sebuah analisis respon gempa dilakukan dengan target fasilitas penting terkait energi dengan tinggi 8 m. Fasilitas ini ditopang oleh 25 tiang pancang pipa (diameter 600 mm) yang disusun dalam formasi kotak dan dengan rasio jarak antar tiang (S/B) 3,3. Permukaannya berupa tanah berpasir dua lapis yang terdiri dari lapisan permukaan dengan ketebalan 22 m dan sekitar Vs 200 m/s dan tanah padat yang mendukung tiang pancang. Sebagai input gerakan gempa, digunakan gerakan gempa yang diperoleh dengan memperbesar 2,5 kali guncangan utama di Ofunato-bochi-S ketika Gempa Bumi Miyagiken-Okii pada 12-6-1978 (berdasarkan pengamatan Institut Riset Pelabuhan dan Pelabuhan Udara: Observasi Gempa Bumi Gerakan Besar (*strong motion*) pada Area Pelabuhan)

Gbr. 5 menunjukkan gaya geser maksimum dan momen maksimum terkait untuk tiang tengah dan sudut. Sebagaimana terlihat pada gambar, dipastikan bahwa momen posisi tiang pancang membedakan besarnya momen.

Evaluasi yang Sesuai untuk Tegangan Tiang Pancang dengan Cara EENA-Multi-PILE

Dalam studi ini, kami mengembangkan metode analitik respon gempa (EENA-Multi-PILE) untuk pondasi yang tersusun dalam kelompok tiang. Metode ini dapat mengevaluasi tegangan tiang pancang dan respons struktur. Di masa depan, kami berencana untuk melakukan studi parametrik metode usulan ini dan melakukan perbaikan ketentuan-ketentuan yang diperlukan untuk studi ini.

Gbr. 5 Tegangan Tiang Pancang Menggunakan

EENA-Multi_PILE



Katsuichirou Hijikata: He graduated from the Department of Architecture of Graduate School of Engineering, The University of Tokyo in 1981, and in 1991 received a doctor's degree (engineering) from The University of Tokyo. He assumed his current position as professor at the Department of Architecture and Building Engineering, Shibaura Institute of Technology in 2013.

Fig. 1 Outline of EENA-Multi-PILE (Seismic Response Analysis Method)

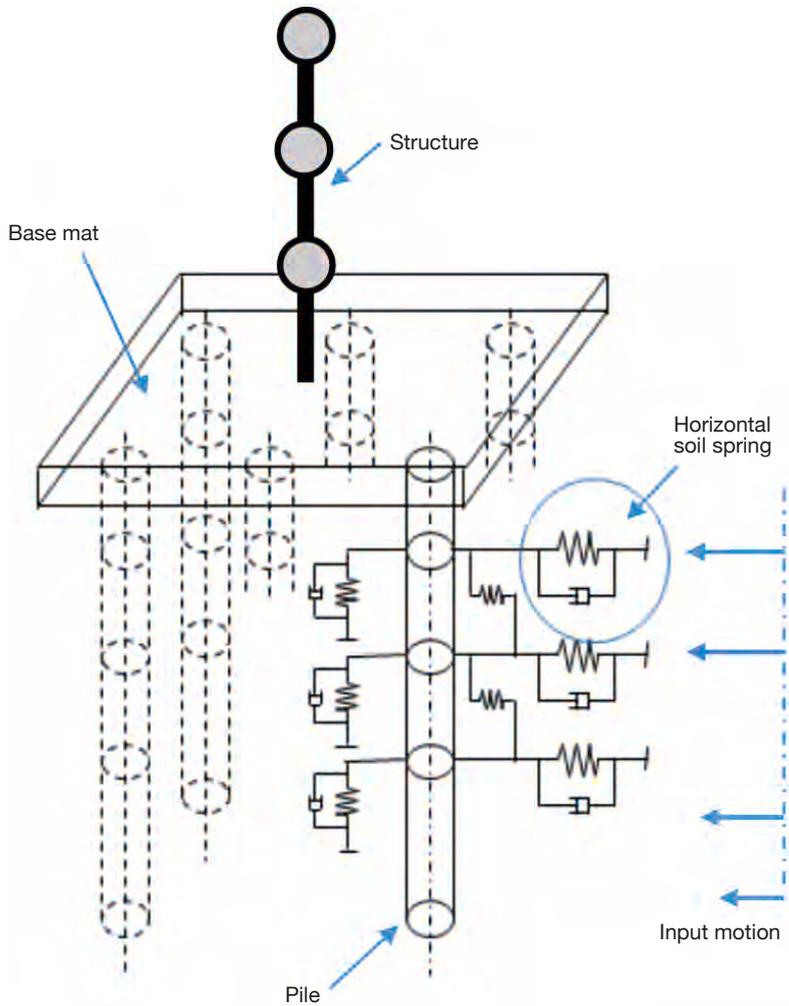


Fig. 2 Evaluation Formula for Pile Group Coefficient (S/B=2.5)

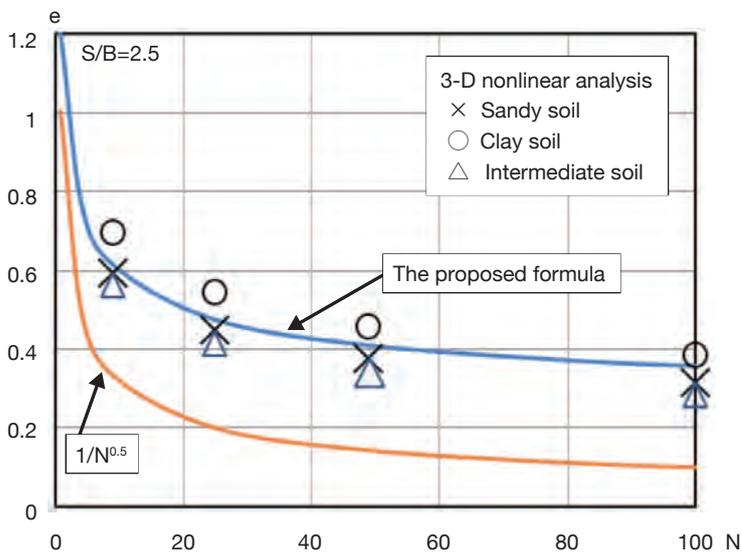


Fig. 3 Comparison of Standardized Coefficient η between Proposed Evaluation Formula and 3-D Analysis

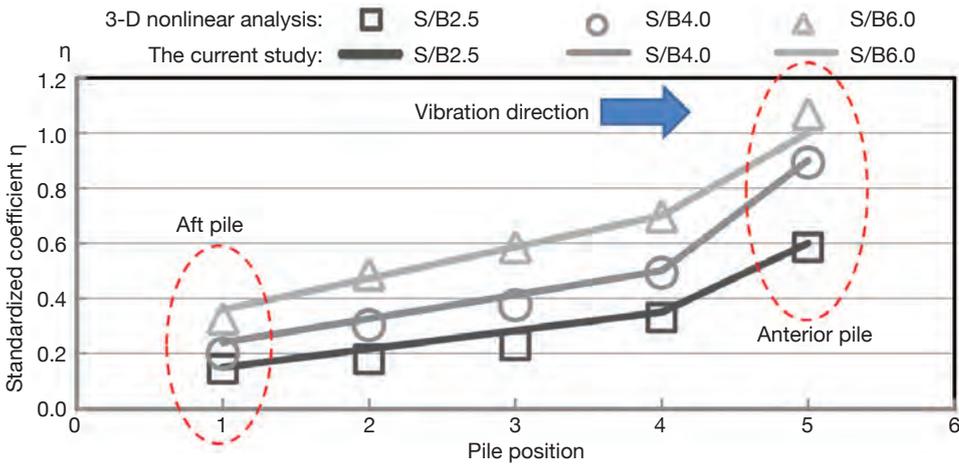


Fig. 4 Skeleton Curve Considering Group Effects of Piles

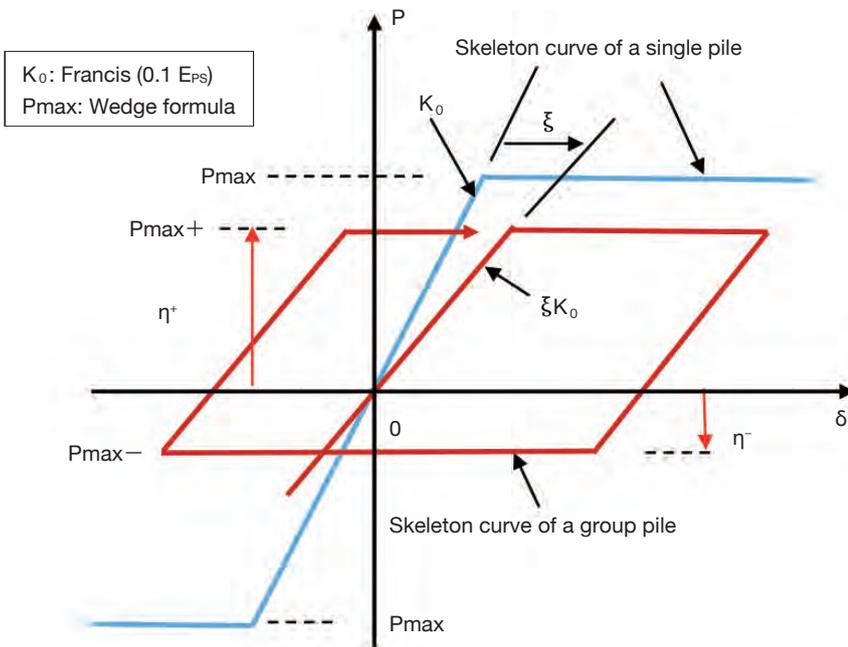
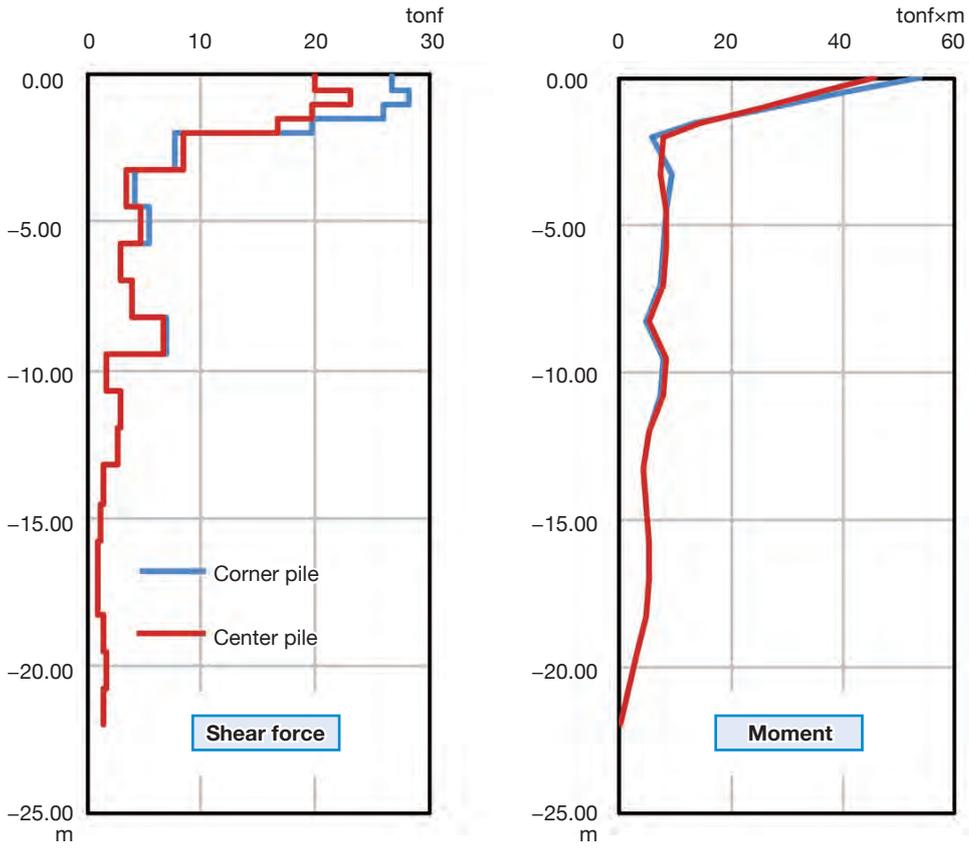


Fig. 5 Stress of Piles Evaluated Using EENA-Multi-PILE



(Halaman 16~18)

Topik Khusus

Bagaimana Memperbaiki Infrastruktur Sosial di Daerah Rawan Bencana — Ketahanan Bencana dan Pelajaran dari Gempa Bumi Kumamoto Tahun 2016—

Oleh Yoshiaki Kawata

Direktur Pusat Riset Ilmu Keselamatan Sosial,
Universitas Kansai

Kedadaan Aktual Kerusakan Infrastruktur sebagai Akibat Gempa Bumi Kumamoto Baru-Baru Ini

Ketika bencana tiba, langkah penanganan paling penting adalah restorasi dan rekonstruksi infrastruktur sosial yang rusak. Seperti pada Gbr. 1, infrastruktur sosial mencakup beragam “aspek kehidupan” (infrastruktur kritis), komunikasi, logistik, layanan publik dan layanan finansial.

Saat Gempa Bumi Kumamoto yang terjadi baru-baru ini pada bulan Maret 2016, berbagai kekhawatiran muncul khususnya tentang logistik. Berdasarkan gambaran pada Gempa Bumi Besar Jepang Timur pada tahun 2011, pemerintah Jepang menambah sokongan dan mengirimkan 2.62 juta makanan ke Tosu di Prefektur Saga, yang dekat dengan Prefektur Kumamoto. Suplai ini seharusnya dikirim dari Tosu ke 855 lokasi pengungsian di Prefektur Kumamoto dengan layanan ke rumah-rumah, namun kemacetan lalu lintas yang menyebar ke area lainnya menyebabkan pengiriman tidak berjalan lancar.

Alasan utama terjadinya situasi yang tidak diduga ini adalah rusak-beratnya jalan bebas hambatan dari utara ke selatan dan jalur transportasi utama dari timur ke barat di area Saga dan Kumamoto sehingga lalu lintas harus tertahan. Jaringan jalan raya terputus dan jembatan runtuh akibat longsornya tebing bukit Gn. Aso, sebuah gunung berapi di Prefektur Kumamoto (lihat Foto 1). Hal ini menghalangi eksekusi lapangan penanganan bencana dan pekerjaan restorasi.

Selain itu, ketika gempa bumi ini, sekalipun lalu lintas pada jalan biasa dapat lewat dan informasi kemacetan ada secara *real-time* melalui sistem navigasi mobil, kemacetan lalu lintas menyebar ke area yang lebih luas dan menjadi lebih parah dari perkiraan. Hasilnya, banyak truk yang dimuati dengan suplai bantuan tidak dapat tiba di tujuan untuk waktu yang lama.

Gbr. 1 Jenis-Jenis Infrastruktur Sosial

Foto 1 Tertahannya layanan lalu lintas di Jalan Raya Nasional Rute 57 dan 325 dan Jalan Rel Hohi-honsen selama Gempa Bumi Kumamoto

Pengaruh-utama Ketahanan dan Pengurangan Bencana, dan Asumsi Skenario Kerusakan Terburuk

Ada kata “ketahanan bencana (*disaster resilience*)” yang diterjemahkan oleh pemerintah Jepang dan digunakan dalam “Membangun Ketahanan Nasional.” Terjemahan ini sebenarnya kurang tepat, tetapi istilah “ketahanan bencana” memiliki delapan arti dan konteks yang lebih besar terkait perbaikan infrastruktur sosial dalam area rawan bencana. Gbr. 2 menunjukkan delapan elemen khusus yang dicakup oleh istilah ini.

Disini, yang terpenting adalah bagaimana ke delapan elemen terpenuhi. Ketika masing-masing elemen terpenuhi dengan signifikansi sosial, hal ini disebut optimisasi parsial, tetapi bila kedelapan nya terpenuhi, maka ketahanan bencana teroptimasi sepenuhnya untuk pertama kalinya. Khususnya dalam melakukan asesmen manfaat dalam analisis biaya manfaat (*cost benefit*) (B/C) infrastruktur sosial, perlu dilakukan asesmen mengenai manfaat baru bagi infrastruktur sosial dari kedelapan aspek.

Disamping yang tersebut diatas, perlu untuk menyadari bahwa Jepang telah memasuki tahap baru dalam hal bencana. Terkait bencana badai dan banjir, fitur karakteristik topan dan curah hujan terlihat mengalami perubahan nyata akibat pemanasan global. Karakteristik gempa bumi juga sedang mengalami perubahan.

Walaupun perubahan ini tidak bisa dikatakan beratar belakang waktu, banyak faktor yang tidak diketahui dan tidak jelas dalam fenomena gempa bumi. Ketika gempa bumi terjadi, selalu ada fakta baru. Sebagai contoh, dalam Gempa Bumi Kumamoto yang baru-baru ini, gempa susulan yang tercatat 1⁺ pada skala intensitas gempa Jepang terjadi 4.200 kali selama tahun itu sejak terjadinya gempa utama pada tanggal 16 April 2016, tetapi penyebab gempa susulan ini masih harus diperjelas. Karenanya, kita bisa saja mengalami tremor gempa bumi baru yang belum pernah ada pada gempa sebelumnya.

Dengan situasi ini, bagaimana meningkatkan perbaikan infrastruktur sosial di area yang sering dihantam bencana? Penanganan khusus untuk menghadapi tugas ini disusun seperti dalam Gbr. 3. Pertama, dengan pertimbangan ketahanan bencana atau

asumsi bahwa akan terjadi suatu bencana, penanganan dilakukan agar dapat mencegah bencana terhadap infrastruktur sosial. Untuk mencapai tujuan ini, konsep “pengarus-utamaan ketahanan bencana” harus didukung. Ini adalah pelajaran paling berharga dari Gempa Bumi Besar Jepang Timur pada tahun 2011.

Di atas semua ini, konsep pengarus-utamaan ketahanan bencana saat ini cenderung mengarah ke difusi global. Baik Lembaga Keuangan Internasional (IMF) maupun Bank Dunia (World Bank) mendukung perkembangan ekonomi negara-negara berkembang dengan asumsi pengarus-utamaan ketahanan bencana. Alasannya adalah, pada saat perkembangan ekonomi telah dicapai dengan bantuan kedua badan ini, namun ketika bencana tiba akan timbul masalah baru yang mengakibatkan investasi pengembangan ekonomi menjadi sia-sia.

Untuk mencegah masalah demikian, sudah disadari pentingnya memperhatikan investasi pengurangan-bencana sejak awal tahap perencanaan. Ada kesepahaman internasional bahwa investasi satu dolar di awal dalam pengurangan bencana akan menghasilkan keuntungan enam dolar.

Oleh karena itu, dirasakan perlu untuk mengadakan konferensi meja bundar dengan peserta yang bergerak di bidang perbaikan infrastruktur sosial dan untuk mencari skenario dalam menghadapi bencana. Skenario ditulis dengan membayangkan kasus bencana terburuk. Selanjutnya, perlu mendiskusikan bagaimana menghindari, memitigasi, risiko bencana atau menyerahkannya ke, misalnya, asuransi; dan, perlu juga untuk mengkuantifikasi risiko agar tujuan ini tercapai.

Dengan demikian, konferensi meja bundar perlu dilaksanakan dengan partisipasi seluruh pemangku kepentingan untuk berbagi informasi terkait risiko, dan kemudian mengidentifikasi risiko setelah implementasi penanganan bencana untuk memastikan komunitas lokal dapat maju lestari.

Gbr. 2 Apakah “Ketahanan Bencana (*Disaster Resilience*)”?

Gbr. 3 Konsultasi Awal Dibutuhkan untuk Mendukung Perbaikan Infrastruktur Sosial di Area Rawan Bencana

Konsep yang Dibutuhkan untuk Memperbaiki Infrastruktur Sosial di Area Kerap Bencana

Di bawah ini diberikan penanganan yang dibutuhkan untuk menjaga lalu lintas jalan bebas hambatan di daerah vulkanik atau di daerah tsunami

selama gempa bumi seperti yang baru-baru ini terjadi di Kumamoto

- Asumsi besarnya bencana, seperti kerusakan permukaan tanah yang sangat mungkin terjadi
- Perubahan rute transportasi ketika terjadi bencana skala besar
- Penyediaan seksi transisi ketika terjadi bencana skala besar dan menengah: contoh, instalasi tambahan pada simpang susun, pemisahan lajur masuk dan keluar, instalasi awal jalan sementara dengan asumsi akan terjadi bencana
- Konstruksi baru jalan biasa dengan berbagai rute lalu lintas untuk menggantikan fungsi jalan bebas hambatan; pemeliharaan jalan serentak dengan manajemen jalan baru dan jalan biasa yang berfungsi sebagai cadangan dalam sistem jaringan jalan.

Di daerah yang sering dihantam bencana, implementasi berbagai penanganan ini sangat diperlukan untuk menjamin lalu lintas di jalan raya. (Untuk lebih detailnya, lihat Gbr. 4)

Gbr 5 menunjukkan bagaimana memperbaiki infrastruktur sosial dengan asumsi bahwa bencana skala nasional akan terjadi seperti gempa bumi di daratan area metropolitan Tokyo dan mega gempa bumi Palung Nankai yang terjadi sebagaimana yang telah diramalkan. Ketika mega gempa bumi terjadi bisa dipastikan bahwa Ketentuan Bantuan Bencana yang diberlakukan 70 tahun lalu tidak akan berhasil. Dalam ketentuan ini pemerintah nasional maupun daerah akan mendistribusikan semua kebutuhan ke orang-orang yang tinggal di penampungan setelah terjadinya mega bencana. Ketentuan Bantuan Bencana ini tidak mungkin dapat menghadapi permintaan demikian.

Ketika terjadi bencana, rekonstruksi dan restorasi setelah bencana dapat dilakukan dengan cara menolong diri sendiri dan gotong-royong. Namun, ketika dibutuhkan bantuan publik dalam restorasi dan rekonstruksi, sumberdaya finansial maupun sumberdaya manusia tidak mencukupi. Sementara itu, bagaimanapun juga, bencana nasional tetap akan terjadi. Untuk menghadapi situasi demikian, perlu diperkenalkan secara rutin dalam perbaikan infrastruktur sosial sebuah sistem yang memungkinkan pertolongan diri, gotong-royong maupun bantuan industri. Bahwa perbaikan infrastruktur sosial dilakukan hanya dengan mengandalkan bantuan publik sudah tidak berlaku lagi.

Sebagaimana disebutkan di atas, ketahanan bencana merupakan sebuah konsep berdasarkan asumsi bahwa bencana akan terjadi. Karenanya, penting untuk

melakukan asesmen awal mengenai risiko bencana khususnya di area yang kerap dihantam bencana ataupun rawan bencana. Cara lainnya adalah dengan menghilangkan sumbatan yang akan mengganggu manajemen fasilitas infrastruktur sosial selama bencana

Gbr. 4 Contoh Perkuatan Jalan Bebas Hambatan di Daerah Rawan Bencana seperti Daerah Vulkanik dan Daerah Serangan Tsunami

Gbr. 5 Bagaimana Memperbaiki Infrastruktur Sosial dengan Asumsi Bencana dengan Skala Krisis Nasional



Yoshiaki Kawata: After finishing the doctor's course at the Graduate School of Engineering, Kyoto University in 1971, he became Professor in 1993 and Director of Disaster Prevention Research Institute in 2005, Kyoto University. He assumed his current position as Director of Research Center for Societal Safety Science, Kansai University in 2012.

Fig. 1 Kinds of Social Infrastructure (once suffered from disasters, social functions come to a standstill.)

The following items are cited as social infrastructure:

- **Lifelines (critical infrastructure)**
Electricity, gas, waterworks, sewage, garbage, fossil fuel, transport (expressway, ordinary road, railway and air route)
- **Communications**
Communication (telephone, Internet), broadcasting, social network service
- **Logistics**
Supply of food, water and daily necessities
- **Public service**
Education, medical treatment, administration, crime prevention
- **Financial service**
Electronic transactions

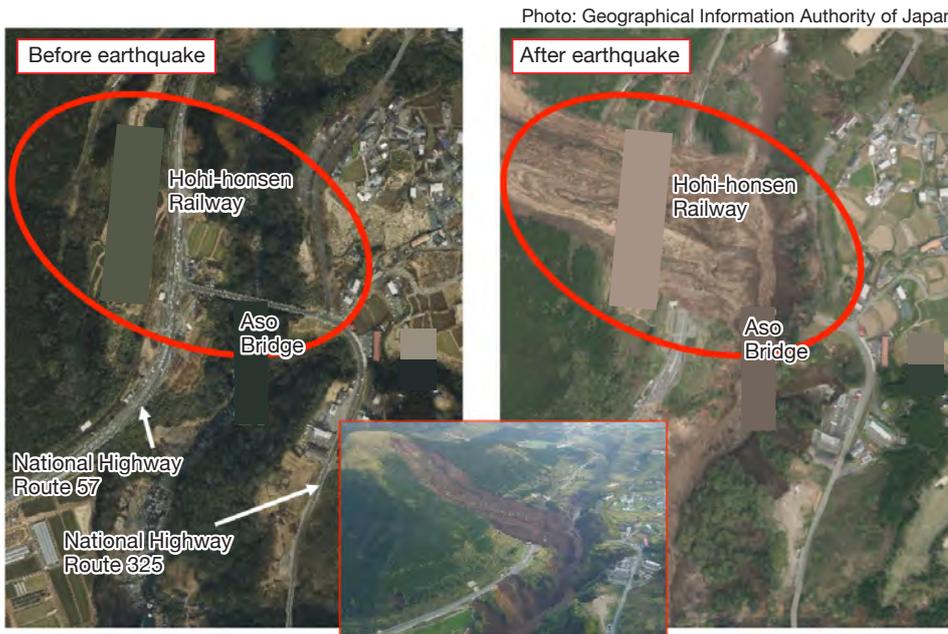


Photo 1 Suspension of traffic services at National Highway Routes 57 and 325 and Hohi-honsen Railway during Kumamoto Earthquake

Fig. 2 What Is “Disaster Resilience”?

“Disaster resilience” means not only the disaster control that reduces damages but an earlier recovery from disasters. The resilience relates to the following eight specific terms.

- | | |
|--------------|-----------------|
| Flexibility | Responsiveness |
| Adaptability | Redundancy |
| Innovation | Rapidity |
| Robustness | Resourcefulness |

Fig. 3 Prior Consultations Required for Promoting Social Infrastructure Improvement in Disaster-prone Areas

- In the disaster resilience conceived by assuming that disasters will occur, disaster-preventive measures aiming to improve social infrastructure are implemented right from the start of the planning stage (mainstreaming of disaster reduction).
- Not only the worst damage scenario but also all the scenarios of damages that are likely to occur are extracted to prepare specific damage images (scenario writing).
- Examinations are made of how a risk can be avoided, mitigated or passed to, for example, insurance (quantification of risks).
- A roundtable conference is held with the participation of all stakeholders to share risk information and to guarantee the sustainable development of local communities (identification of risks).

Fig. 4 Example of Expressway Reinforcement in Areas Vulnerable to Disasters such as Volcanic Area and Tsunami Attacking Area

- ➔ The scale of ground damages and other disasters that are likely to occur is assumed.
- ➔ When large-scale disasters occur, the transportation route is changed.
- ➔ When medium- and small-scale disasters occur, transition section is provided.
To illustrate: increase of interchanges, passing separation of the in and out bound lanes, advance installation of temporary roads on the assumption of disaster occurrence
- ➔ Instead of expressways, ordinary roads with plural routes are newly constructed to substitute for expressways.
- ➔ These newly-constructed roads and the ordinary roads with back-up functions are maintained and managed in a compatible system.

Fig. 5 How to Improve Social Infrastructure on the Assumption of National Crisis-scale Disasters

- 1 The spirit of the Disaster Relief Act established 70 years ago has failed, and when disasters occur, it is no longer the times in which all these disasters are restored by the use of public assistance.
- 2 Even if restoration of great disasters are planned by the use of public assistance, all of financial resources, human resources and information are entirely scarce.
- 3 However, national crisis-scale disasters will certainly occur in the near future.
- 4 Given such situations, a mechanism for applying self-help, mutual assistance and industry assistance (enterprise cooperation) systems should be routinely introduced in the improvement of social infrastructure.
- 5 Disaster resilience denotes a measure devised on the assumption of disaster occurrence.
- 6 It is indispensable to evaluate disaster risks especially in areas frequently attacked by disasters and vulnerable to disasters.
- 7 During disaster attacks, it is necessary to dispel the bottlenecks that lead to hindrance in management of social infrastructure facilities.
- 8 If these bottlenecks are to be dispelled, it is necessary to promote tie-ups and coordination among related administrative organs, but at the current stage it is nearly impossible to promote them and further new financial resources are unavailable.
- 9 It is therefore inevitable that those who will benefit should, as a basic principle, bear the expense to dispel the bottlenecks.
- 10 For expressways responsible for logistics in particular, it is inevitable to extend an industry assistance (private enterprise cooperation), but the current toll system is very political. To this end, a new benefit/cost concept is introduced.
- 11 The above can also be applied to the case of home delivery services in which highways are utilized as a virtual warehouse (because the road of an area equivalent to the size of a truck is occupied by a truck).
- 12 Further, because the delivery tax for light oil is cheaper than that for gasoline (a policy peculiar to Japan), truck transport becomes profitable in terms of cost.
- 13 An extremely high dependence (maldistribution) of logistics on highway transport offers a great risk during disasters.
- 14 It is necessary to change the policy so that the logistics be appropriately shifted to aviation, railway and shipping transport (uniform sharing of transport cost). However, the current application condition does not conform to a move to improve social infrastructure (ship transport particularly by means of coastal shipping is in a slump).
- 15 Currently, the increased cost required to pursue convenience is covered by an increased transport volume. It is necessary for us to recognize that this situation ultimately brings about an excess over-concentration in Tokyo.

(Sampul Belakang)

Operasi FBBJ

Dua Kegiatan untuk Program Kerja Sama Baja EPA Jepang-Thailand

Sebagai penghubung dalam Perjanjian Kemitraan Ekonomi (*Economic Partnership Agreement*) Jepang-Thailand dalam kerja sama dengan Institut Besi dan Baja Thailand (*Iron and Steel Institute of Thailand* (ISIT)), Federasi Besi dan Baja Jepang (FBBJ) menyelenggarakan dua kegiatan di awal 2017 di Jepang

• Program untuk Menghubungkan antara Standar Baja dan Regulasi / Peraturan Teknologi

Untuk meningkatkan kapabilitas untuk merancang dan mensertifikasi standar di Thailand dan untuk meningkatkan aplikasi produk baja kinerja tinggi dalam konstruksi jembatan, FBBJ menjalankan dua program dalam lima hari mulai dari tanggal 6 Maret 2017: presentasi kuliah dan kunjungan lapangan ke pabrik rangka baja Tokyo Tekkotsu Kyoryo dan Institut Nasional untuk Ilmu Bahan.

Seluruhnya ada 16 orang yang berpartisipasi mengikuti program tersebut, termasuk dari Institut Standar Industri Thailand, Departemen Jalan Luar Kota dan Departemen Jalan Raya di Thailand, dan perusahaan-perusahaan baja di Thailand. Peserta Thailand menilai tinggi kuliah dan kunjungan lapangan terkait praktek aplikasi standar produk baja di Jepang dan aplikasi produk baja pada konstruksi jembatan.

Foto: Pemandangan Program untuk Menghubungkan antara Standar Baja dan regulasi/peraturan Teknologi

• Program Produksi dan Kontrol Keselamatan

Selama 10 hari semenjak tanggal 22 Februari 2017, FBBJ menyelenggarakan kuliah mengenai berbagai aspek dalam industri manufaktur Jepang: konsep *monozukuri* (pembuatan produk), kontrol peralatan, kontrol biaya, perbaikan biaya dan solusi untuk keselamatan dan kesehatan industri dan tugas lainnya yang timbul di lantai produksi. Sejalan dengan kuliah, dilakukan tur ke lokasi-lokasi terkait. Kegiatan ini diikuti oleh 10 insinyur dari produsen baja Thailand.

Dalam minggu ke dua, dilakukan tur studi dua hari ke pabrik manufaktur di daerah Kita-Kyushu, dimana peserta mendapatkan pengalaman dari langsung di lantai produksi di industri manufaktur Jepang. Pada hari terakhir, dilaksanakan diskusi kelompok dan

laporan untuk memastikan apa yang telah dicapai selama berbagai pelatihan di atas.

Konferensi Struktur Baja ke Empat di Kamboja

Federasi Besi dan Baja Jepang menyelenggarakan sebuah konferensi berjudul “Teknologi Terkini untuk Struktur Baja 2016” di Phnom-Penh, Kamboja pada tanggal 9 Desember 2016. Kegiatan ini diselenggarakan bersama oleh Kementrian Pekerjaan Umum dan Transport Kamboja dan Institut Teknologi Kamboja, dan didukung oleh Kedutaan Jepang di Kamboja, Kantor JICA Kamboja, JETRO PHNOMPENH dan Asosiasi Bisnis Jepang di Kamboja.

Upacara pembukaan konferensi diikuti dengan partisipasi dari Perwakilan Menteri Pekerjaan Umum dan Transport an tamu kehormatan lainnya. Setelah upacara, para ahli dari Kamboja dan Jepang menyampaikan kuliah mengenai pelabuhan, konstruksi jembatan dan bangunan yang dihadiri oleh sekitar 160 insinyur dan mahasiswa dari Kamboja.

Kuliah kemudian dilanjutkan dengan sesi kelompok kecil dengan partisipasi personil utama dari kedua negara, dimana terjadi pertukaran ide dan prospek untuk penyebaran aplikasi struktur baja di Kamboja. Juga disampaikan bentuk dukungan untuk mahasiswa yang belajar di universitas-universitas Jepang.

Konferensi ini merupakan seri ke empat setelah konferensi yang dilaksanakan pada tahun 2012, 2014 dan 2015.

Foto: Pemandangan Konferensi Struktur Baja Ke Empat di Kamboja



Scenes of the Program for Linkage between Steel Standards and Technological Regulation/Code



Scenes of the Fourth Steel Structure Conference in Cambodia