

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 35 Maret 2012)

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-sipilan.

Agar pembaca Indonesia dapat memahami artikel yang ada, disiapkan versi Bahasa Indonesia yang berisi teks saja, dan dilampirkan pada versi Bahasa Inggris. Dalam versi Bahasa Indonesia, foto, gambar dan tabel hanya ditampilkan judulnya saja. Oleh karenanya perlu merujuk ke publikasi versi Bahasa Inggris untuk melihat isinya. Juga, bila dibutuhkan konfirmasi teknis ataupun rincian yang lebih teknis dari sebuah teks, silakan merujuk ke publikasi versi Bahasa Inggris.

No. 35 Maret 2012: Isi

Isu Khusus

Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

Hadiah President MKBJ 2011

Museum Hoki	1
Museum Kota Nagoya	2
Metode Luncur Atap-besar untuk Bangunan Bandara	3
Baja untuk Pemulihan Daya Tarik Struktur RC	4
<i>Hadiah Tesis 2011</i>	5

Fitur Khusus: Gempa Bumi Besar Jepang Timur

Kerusakan terhadap Struktur, dan Restorasi dan Rekonstruksinya	7
Jembatan Jalan Raya	8
Jembatan Layang Jalur Ekspres	9
Jembatan Jalan Rel	10
Fasilitas Pelabuhan	11
Bangunan Struktur-baja	12
Bangunan Sistem Struktur Baru dengan Penggunaan Material Struktural Inovatif	15
<i>Simposium dan Operasi Internasional</i>	
Simposium MKBJ 2011	17
Penghargaan	18
Kepada Pembaca	Sampul Belakang

Versi Indonesia: ©Federasi Besi dan Baja Jepang 2012

Federasi Besi dan Baja Jepang

3-2-10 Nihonbashi-Kayabacho, Chuo-ku, Tokyo
103-0025, Jepang

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

Alamat surat: sunpou@jisf.or.jp

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

Hadiah President MKBJ 2011

(Halaman 1)

Museum Hoki

Pemenang hadiah: Nikken Sekkei Ltd. dan Obayashi Corporation

Fitur struktural unik pada Museum Hoki berupa struktur pelat baja bentuk-kotak sepanjang 100 m yang merupakan seksi tersendiri dari museum ini. Seksi bentuk kotak ini berupa kantilever sepanjang 30 meter pada satu sisinya dengan ditopang pada dua titik sedemikian sehingga terlihat melayang di atas struktur bawahnya. Sistem struktur seperti ini mengekspresikan konsep arsitektural “melayang di hutan.”

Gelagar bentuk kotak yang menjorok ke luar ke satu arah ini memiliki konfigurasi potongan melintang yang terdiri dari dua dinding, dan dua lantai (sebuah lantai dan sebuah atap. Dinding luar balok kotak ini berbentuk lengkung (foto 2 dan 3), dan bentuk gelombang ini pada bagian dalamnya ditumpang tindih oleh dinding dalam yang berfungsi sebagai dinding pameran. Karena bagian yang ditumpang tindih merupakan tempat tangga, pada bagian depan dan belakang tangga diberikan bagian tumpang-tindih yang cukup. Oleh karenanya, tahanan diberikan baik oleh dinding dalam maupun dinding luar.

Kedua permukaan horisontal (lantai dan atap) dan kedua dinding dari gelagar bentuk-kotak merupakan struktur pelat baja dinding- ganda yang terdiri dari baja profil (H250) dan profil baja ringan (C250). Pelat baja lapis sejak semula digunakan untuk menghasilkan hasil akhir permukaan yang dapat digunakan untuk dinding eksterior, dinding pameran dan langit-langit. Banyak lubang kecil ditambahkan pada pelat langit-langit dan digunakan untuk pencahayaan LED dan ventilasi udara. Kabel dan pipa dipasang melalui struktur pelat baja dinding- ganda. Lukisan digantung dengan menggunakan magnet pada dinding pameran dari pelat baja. (Lihat foto 4 dan 5) Pelat baja itu sendiri memberi bentuk pada struktur, disain dan fungsi—juga arsitektur.

Kekuatan struktural pelat baja dinding-ganda diperoleh dengan pengelasan, efek pengelasan dan uji geser siklis. Di samping itu, karakteristik kinerja aktual dari struktur kantilever dipastikan dengan uji pembebanan. Karena museum ini berbentuk struktur yang secara arsitektur tidak lazim, informasi mengenai

bangunan tiga-dimensi disampaikan kepada pihak-pihak terkait selama produksi dan instalasi elemen konstruksi. Teknologi mutakhir dimanfaatkan secara maksimal untuk mendapatkan akurasi tertinggi selama pengelasan di-tempat, pelurusan dan instalasi. Di atas segalanya, kami percaya bahwa proyek ini telah mendorong pihak-pihak terkait untuk secara bersama-sama menuangkan minat dan kemampuannya dalam hal *monodzukuri*, atau konstruksi bangunan. Dalam hal skala pekerjaan, batasan berat dan fungsi. Museum Hoki adalah bangunan yang hanya dapat dibuat dengan produk baja.

Foto 1 Tampak luar struktur pelat baja bentuk-kotak

Foto 2 Struktur kantilever

Foto 3 Konstruksi di-tempat

Foto 4 Tampak dalam struktur pelat baja bentuk-kotak

Foto 5 Konstruksi struktur pelat baja bentuk-kotak

(Halaman 2)

Museum Sains Kota Nagoya

Pemenang Hadiah: Nikken Sekkei Ltd. dan Takenaka Corporation

Fitur Museum Sains Kota Nagoya yang patut dicatat adalah struktur bola dengan diameter luar sekitar 40 m yang menaungi sebuah planetarium tingkat dunia. Struktur bola ini bersusun dengan bangunan pada sisi timur dan barat dengan konfigurasi bidang kotak. Karena tidak ditopang pilar, bangun struktur bola terlihat melayang (Foto 1).

Struktur bola terdiri dari hemisfer atas dan bawah, sesuai dengan proses pelaksanaan pekerjaannya. Hemisfer atas membentuk kubah planetarium, dan agar supaya keseluruhan bola melayang, hemisfer bawah didisain untuk dapat menyokong keseluruhan berat struktur sekitar 40.000 kN. (Lihat Gbr. 1 dan Foto 2)

Pada saat konstruksi hemisfer bawah, sebuah kerangka lengkung untuk menahan beban vertikal dipasang dalam posisi bidang bentuk-X yang menghubungkan kolom penyangga pada bangunan sisi timur dan barat dengan pusat bola (Gbr. 2)

Dalam konstruksi hemisfer atas, digunakan sebuah struktur rangka komposit yang terdiri dari rangka system dan pipa baja untuk mengurangi beban yang diterima hemisfer bawah, dan dengan demikian mengurangi berat keseluruhan struktur bola.

Sebuah Rahmen bentang-tunggal atau rangka momen (bentang balok-ke-balok: sekitar 20 m)

diadopsi untuk pemanfaatan ruang bangunan yang efektif. Karena rendahnya kekakuan horizontal rangka momen bentang-tunggal, kekakuan dan kekuatan yang diperlukan dipenuhi dengan pengisian kolom pipa baja dengan beton dan dengan aplikasi bresing rangka baja dan peredam viskos.

Berdasarkan rencana konstruksi, bangunan pada sisi timur dan barat adalah yang terlebih dahulu dibangun, diikuti dengan struktur bola. Dalam konstruksi struktur bola, hemisfer bawah disokong sementara dengan 31 kolom bengkok, dan setelah penyelesaian pekerjaan rangka baja untuk hemisfer bawah, diturunkan dengan dongkrak ke posisi yang ditentukan. Struktur bola membutuhkan rangka tertutup sehingga dibutuhkan akurasi tinggi baik untuk manufakturnya maupun instalasi kerangkanya. Untuk mencapai hal ini, diaplikasikan berbagai pendekatan untuk memperoleh presisi struktur—proses perakitan sementara yang rinci, kontrol presisi pekerjaan instalasi dan pengukuran tegangan.

Gbr. 1 Seksi Museum Sains Kota Nagoya

Gbr. 2 Struktur Hemisfer Bawah

Foto 1 Struktur Bola untuk tempat planetarium

Foto 2 Tampak keseluruhan Museum Sains Kota Nagoya

(Halaman 3)

Metode Luncur Atap-besar untuk Bangunan Bandara

Pemenang hadiah: Kajima Corporation

Sebuah atap besar diinstalasi di atas lobi *check-in* terminal penumpang penerbangan internasional yang dibuka pada bulan Oktober 2010 di Bandara Internasional Tokyo (Haneda). Atap ini memiliki potongan melintang bentuk busur yang menyerupai kemiringan bawah G. Fuji

Atap besar ini berupa struktur rangka ruang kerangka baja bentang panjang (69 x 162 m) yang terdiri dari sepuluh kerangka rangka ruang yang tersambung dan terletak di atas kolom-kolom yang berjarak 60 m satu sama lainnya. Sebuah metode luncur digunakan untuk konstruksi 16.000 m² dari total 18.000 m² luas atap. Yang tidak termasuk adalah satu bentang pada ujung utara dan rencana seksi akses jalan rel.

Dalam metode luncur, tiap kerangka rangka ruang (9 x 92) diluncurkan sepanjang 18 m di atas balok rel

sementara yang ditempatkan di atas kepala kolom melalui dongkrak luncur yang disediakan pada kepala kolom penyokong rangka; kerangka kemudian dihubungkan dengan kerangka rangka ruang lainnya. Karena penggelinciran terakhir menyertakan 9 baris kerangka rangka ruang seberat 5.000 ton, atap digelincirkan dengan menggunakan dua strand kawat PC (diameter 28,6) yang dipasang pada masing-masing kepala kolom dan dua dongkrak lubang tengah 50-ton. Dongkrak memindahkan atap yang berat dengan adanya perpanjangan yang disebabkan oleh pukulan dongkrak dengan reaksi yang telah ditentukan pada 2 bentang (L=36 m). Posisi pukulan dan kondisi pembebanan tiap dongkrak dibandingkan dan ditentukan dengan kontrol otomatis dan terpadu menggunakan kotak kontrol CPU terpasang (*built-in*).

Atap besar ini diselesaikan sesuai jadwal berkat keberhasilan pekerjaan luncur skala besar yang belum pernah digunakan dalam konstruksi bangunan. Keberhasilan ini menunjukkan potensi khusus dalam konstruksi struktur baja bentang besar. Diharapkan bahwa pengetahuan baru yang diperoleh dalam proyek ini akan dimanfaatkan dalam berbagai lokasi konstruksi.

Foto 1 Tampak keseluruhan atap besar bangunan terminal penumpang penerbangan internasional

Foto 2 Peluncuran ke lima

Foto 3 Peluncuran ke tujuh

Gbr. 1 Seksi Bangunan Terminal Penumpang Penerbangan Internasional

(Halaman 4)

Penggunaan Baja untuk Pemulihan Daya Tarik Struktur RC

Pemenang hadiah: Takenaka Corporation

Pasar konstruksi bangunan dikelilingi oleh isu-isu yang selalu timbul—pengurangan pasar bangunan baru akibat penurunan penduduk dan masyarakat lansia dan kebutuhan untuk merespon pada masyarakat karbon-rendah, meningkatkan dibutuhkannya usaha-usaha pencegahan bencana dan perkuatan seismik. Dalam situasi seperti ini, penting untuk memastikan bahwa bangunan eksisting berubah menjadi bangunan generasi berikutnya. Dalam upaya meningkatkan ketahanan seismik, bukan saja daya tahan seismik yang penting untuk ditingkatkan melainkan juga nilai-nilai tambah seperti pemulihan

daya tarik.

Dalam perkuatan seismik konvensional, Karen dinding RC atau bresing kerangka baja dipasang pada bagian luar atau dalam bangunan, perkuatan gempa sering memberikan pembatasan penggunaan bangunan selama pekerjaan perkuatan atau setelah pekerjaan perkuatan selesai. Perkuatan dari bagian luar bangunan (perkuatan cangkang luar) merupakan metode paling sesuai untuk menjamin fungsi bagian dalam bangunan, sehingga bagian dalam bangunan tetap dapat digunakan dan dapat memenuhi kebutuhan masa depan.

Hingga saat ini, berbagai ide retrofit dalam prakteknya sudah digunakan untuk memenuhi kebutuhan peningkatan tampilan disain, sensitivitas lingkungan, atau periode konstruksi yang lebih singkat. Usaha-usaha ini dapat dilaksanakan dengan menekankan atribut positif seperti bobot yang ringan, kekakuan dan kekuatan yang khas material baja dan juga dengan mengeksploitasu bentuk material baja yang ramping, ringan, dan potensi prefabrikasi elemen struktur. Tiga contoh terbaru dijelaskan di bawah ini:

- **Contoh 1:** Sebuah bangunan rumah sakit dirubah menjadi pusat peningkatan kesejahteraan. Dinding RC di dalam gedung diganti, dan sebuah struktur kerangka-ganda dirancang dan diinstalasi di fasad gedung sebagai kerangka kisi baja untuk menghasilkan sekumpulan nilai: harmoni dengan sekeliling, terkonsentrasinya peralatan, langit-langit yang tinggi, penghijauan yang lebih banyak, dan efek ketinggian langit-langit.

- **Contoh 2:** Sebuah gedung sekolah 4-lantai dirubah menjadi bangunan 8-lantai yang menarik. Sebuah metode perangkaan baru diterapkan untuk menambah 3 lantai di atas atap dan memberikan system isolasi-dasar pada lantai tengah sedemikian rupa sehingga menjadikan bangunan ini sebagai simbol sekolah sekaligus komunitas lokal.

- **Contoh 3:** Sebuah pusat perbelanjaan diberikan perkuatan seismik. Dengan menggunakan dinding pracetak segitiga yang cukup dikenal oleh penduduk lokal untuk menghasilkan tampilan yang diharapkan, bangunan ini dirubah dengan memanfaatkan kerangka baja segitiga. Ini merupakan contoh yang sangat baik dimana diperoleh kekuatan yang lebih tinggi dan bangunan ini perbaiki secara estetis dengan penggunaan efektif kekuatan baja.

Contoh 1 Konversi dengan Penggunaan Kerangka Kisi Ganda

Contoh 2 Metode Pembesaran Vertikal untuk Pemanfaatan Lantai Tengah Isolasi-dasar
Contoh 3 Restorasi Bangunan struktur-RC dengan Penggunaan Kerangka Baja Segitiga



Hadiah Tesis 2011

(Halaman 5)

Riset Eksperimental Perilaku Mekanis Sambungan Friksi Baut Mutu-tinggi

Pemenang hadiah: Takashi Yamaguchi, Professor Universitas Kota Osaka dan tiga anggota lainnya

Dalam konstruksi jembatan baja, semakin banyak contoh penerapan pelat baja berat dengan ketebalan melebihi 77 mm untuk menciptakan struktur rasional, sekalipun ide ini belum dipraktekkan. Dalam riset mengenai penggunaan sambungan geser baut mutu-tinggi dalam pelat berat ini, uji untuk menentukan faktor slip dilakukan dengan menentukan jumlah baris baut dan rasio β , slip terhadap kuat leleh sebagai parameternya. Sebagai contoh, untuk sebuah sambungan untuk pelat tebal 75 mm menggunakan baut M24 mutu-tinggi, dilakukan specimen uji menggunakan model reduksi pelat tebal 50 mm dengan baut M16 mutu-tinggi (Foto 1).

Berikut ini yang harus dilakukan dalam tiap uji: Untuk sambungan dengan empat baris baut, akan terjadi slip yang hampir simultan di sepanjang sambungan. Sebaliknya, untuk sambungan dengan 12 baris baut, tidak terjadi slip demikian melainkan dimulai dari luar sambungan dan kemudian ke dalam sambungan. Oleh karenanya, sebagaimana ditunjukkan dalam Gbr. 1(a), bertambahnya jumlah baris akan menurunkan faktor slip. Dalam sambungan dengan β yang lebih besar dimana lebih dulu terjadi leleh sambungan, pengurangan gaya aksial di luar baut besar, dan pengurangan faktor slip akibat penambahan jumlah baris menjadi besar. Lebih jauh lagi, seperti pada Gbr. 1(b) dan (c), dalam pengamatan terhadap pengurangan gaya aksial baut pada saat terjadinya slip, diketahui bahwa slip utama terjadi ketika tingkat pengurangan gaya aksial di pusat baut, dimana gaya aksialnya adalah yang terakhir berkurang, melebihi sekitar 8%.

Foto 1 Kondisi eksperimen

Gbr. 1 Hasil Uji

- (a) Hubungan antara jumlah baris baut dengan pengurangan faktor slip
- (b) Perubahan gaya aksial M16-12-0.72
- (c) Perubahan gaya aksial M16-12-1.3

(Halaman 5)

Efek Kondisi Pengelasan pada Energy Terserap Charpy Baja HAZ Kekuatan-rendah

Pemenang hadiah: Yoshihiro Sakino, *Assistant Professor*, Universitas Osaka

Dalam riset mengenai baja dengan kekuatan sangat rendah, zona terpapar panas (*heat affected zone, HAZ*) disimulasikan dengan uji zona terpapar-panas sintesis sebagai mikrostruktur seragam dengan property material yang tak berubah, yang dikenakan uji tumbukan Charpy. Siklus panas selama pengelasan multilapis dalam pengujian ditemukan dengan menggunakan analisis konduksi-panas-tidak tetap tiga dimensi. Berdasarkan hal ini, suatu pengujian dilakukan dengan kondisi pengelasan dimana absorpsi energy Charpy dari kekuatan baja mutu-rendahmeningkat.

Hasil pengujian ini menunjukkan, dalam hal pengelasan sekali baja mutu-rendahsebagaimana diaplikasikan dalam riset ini, absorpsi energy Charpy meningkat dalam *FGHAZ* dan *ICHAZ*, tetapi tetap rendah dalam *CGHAZ*. Akan tetapi, ketika baja mutu-rendahdikenakan siklus panas dimana temperturnya mencapai 880°C setelah tercapainya temperatur maksimum di garis pengikat mencapai 1.350°C dalam pengelasan multilapis, absorpsi energi Charpy baja mutu-rendah meningkat tajam hingga 70J atau lebih (pada 0°C).

Seperti terlihat di atas, riset ini menunjukkan bahwa terdapat kasus-kasus dimana pengelasan menurunkan absorpsi energi Charpy produk-produk baja tetapi juga terdapat kemungkinan bahwa absorpsi energi Charpy baja mutu-rendah dapat ditingkatkan dengan pengontrolan input panas las dan perlakuan pasca pemanasan.

Gbr. 1 Kurva Transisi Charpy Aplikasi Baja Mutu-rendah

Gbr. 2 Efek Temperatur setelah Tercapainya Level Maksimum

- (a) Simulasi siklus panas pengelasan

- (b) Hubungan antara temperature maksimum dalam pelaksanaan terakhir dan absorpsi energi Charpy

(Halaman 6)

Riset mengenai Sifat Dinamik Sambungan Badan-balok dengan Baut Mutu-tinggi dalam Sambungan Campur Ujung-balok

Pemenang hadiah: Yugo Sato, Nippon Steel & Sumikin Metal Products Co., Ltd

Ketika menggunakan penyambungan ujung balok dalam konstruksi bangunan baja, diadopsi metode penyambungan campur ujung-balok, yaitu badan balok disambung dengan baut mutu-tinggi dan sayap balok disambung dengan pengelasan di-tempat. Hingga saat ini, sifat dinamik sambungan friksi badan-balok dengan baut mutu-tinggi belum terklarifikasi. Target riset ini adalah: untuk mengerti sifat dinamik sambungan dengan baut mutu-tinggi badan-balok dalam sambungan campur ujung-balok dan untuk mengumpulkan data dasar yang dibutuhkan untuk menilai sifat dinamik sambungan campur ujung-balok. Untuk itu digunakan analisis elemen hingga elasto-plastis dengan parameter rasio lebar-tebal dan pengaturan baut mutu-tinggi.

Dari hasil analisis diperoleh, ketika rasio lebar-tebal rendah dan ketika jumlah baut yang digunakan ditambah, momen tekuk yang diterima sambungan badan-balok cenderung meningkat. Selanjutnya disimpulkan bahwa rasio lebar-tebal kolom dan pengaturan baut mempengaruhi sifat dinamik sambungan baut mutu-tinggi badan-balok. Dengan mencatat saat terjadinya gelincir dan kuat leleh maksimum tercapai, distribusi tegangan berbagai baut mutu-tinggi dibandingkan untuk memeriksa perbedaan dalam distribusi tegangan akibat rasio lebar-tebal kolom dan pengaturan baut.

Gbr. 1 Hubungan antara Momen Tekuk yang diterima oleh Badan Balok dan Sudut Balok

Gbr. 2 B62-Dt22: Distribusi Tegangan Sambungan Baut Mutu-tinggi Badan-balok pada Saat Terjadi Gelincir

Gbr. 3 B62-Dt22: Distribusi Tegangan Sambungan Baut Mutu-tinggi Badan-balok pada Saat Kekuatan Leleh Maksimum

Gbr. 4 Kondisi Tegangan Sambungan Baut Mutu-tinggi Badan-balok, Yang Diasumsikan dalam Metode Disain Ini

(Halaman 6)

Efek Berbagai Parameter terhadap Mekanisme Kolaps Panel Struktur Baja dengan Koneksi Balok-ke-Kolom Tidak Rata (*Offset*)

Pemenang hadiah: Susumu Kuwahara, *Associate Professor*, Universitas Osaka

Pada umumnya, panel koneksi balok-ke-kolom standar dimana balok kiri dan kanan yang disambung ke sebuah kolom memiliki ketebalan dan posisi sayap yang identik. Akan tetapi, karena kebutuhan fungsional, dan dengan tujuan mengurangi beban kerangka balok, diadopsi koneksi dimana balok pada kedua sisi kolom memiliki ketebalan dan posisi sayap berbeda (Gbr. 1). Panel demikian disebut panel tidak rata (*offset*). Sebagaimana ditunjukkan pada Gbr. 2, panel ini menunjukkan beberapa mekanisme kolaps.

Dalam makalah ini, diusulkan sebuah persamaan untuk menghitung kuat leleh selama pembentukan berbagai mekanisme kolaps berdasarkan metode analisis elastik, dan pada saat bersamaan dilakukan pemeriksaan menggunakan perhitungan parametrik untuk mendapatkan efek berbagai parameter terhadap kuat leleh panel. Hasil riset menegaskan bahwa mekanisme kolaps harus diperiksa pada tahap disain menurut konfigurasi seksional kolom dan panel.

Gbr. 1 Panel *Offset*

Gbr. 2 Berbagai Mekanisme Kolaps Panel *Offset*

■ ■ ■ ■ ■

Fitur Khusus

Gempa Bumi Besar Jepang Timur --Kerusakan pada Jembatan, Bangunan dan Struktur Lainnya, dan Restorasi dan Rekonstruksinya—

(Halaman 7)

Kilasannya

Oleh Masatsugu Nagai
Ketua, Komite Internasional, Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

Pada pukul 14:46 tanggal 11 Maret, 2012, Gempa

Bumi Besar Jepang Timur (kekuatan: 9,0) terjadi, menghasilkan pergerakan seismik dan tsunami yang menyebabkan kerusakan teramat besar. Pemerintah Jepang menamakan gempa ini Gempa Bumi Besar Jepang Timur, atau Gempa Bumi 2011 Lepas Pantai Pasifik Tohoku. Menurut data yang dikumpulkan hingga tanggal 10 Nopember, 2012, sejumlah 15 jiwa melayang, dengan 3.650 orang hilang. Dalam gempa bumi ini kerusakan yang diakibatkan oleh tsunami lebih serius dibandingkan kerusakan akibat gerakan gempa.

Gempa bumi ini merupakan tipe lempeng laut dengan intensitas seismic 6 (dari maksimum 7 pada skala intensitas seismik Badan Meteorologi Jepang) dan tercatat dengan kekuatan 9, yang terbesar yang pernah diamati di Jepang. Hiposentrum berada pada 130 km lepas pantai Tohoku pada kedalaman 24 km. Zona patahan meliputi area yang luas (hingga 500 km dari utara ke selatan dan 200 km dari timur ke barat lepas pantai Pasifik dari area Sanriku ke Prefektur Ibaragi) dan menyebabkan tiga kejadian bencana berturut-turut (Gbr. 1).

Akselerasi maksimum yang diamati adalah 2.933 gal (di Kurihara, Prefektur Miyagi), dan akselerasi besar 2.000 gal atau lebih dicatat pada 19 tempat observasi lainnya. Gbr. 2 menunjukkan respon percepatan spektral gempa bumi ini. Sekalipun pergerakan seismik bisa dikatakan besar, bangunan-bangunan struktur menderita kerusakan gempa relatif kecil. Alasan utama adalah gempa bumi ini didominasi percepatan spektral dengan periode pendek alami 0,3~0,5 detik, dibanding dengan periode alami yang biasanya mendominasi bangunan dan fasilitas public. Alasan lain sedikitnya kerusakan struktural adalah karena telah dilakukan perkuatan seismik terhadap gempa bumi yang dilaksanakan setelah terjadinya Gempa Bumi Besar Hanshin (1995). Waktu getaran yang lama dan komponen pergerakan gempa periode-panjang yang melebihi 20 detik merupakan fitur khusus gempa ini

Fitur yang menonjol dari Gempa Bumi Besar Jepang Timur adalah kerusakan serius akibat tsunami. Gelombang dengan ketinggian maksimum 16 m tidak saja mengakibatkan kerusakan yang menghancurkan bangunan, tetapi juga mengakibatkan 95% fatalitas akibat tenggelam. Lebih jauh lagi dilaporkan bahwa ketinggian gelombang tsunami mencapai 39 m. Foto 1 menunjukkan contoh kerusakan akibat tsunami, dan Foto 2 menunjukkan likuifaksi tanah yang terjadi sepanjang area yang luas dari pesisir reklamasi yang

menghadap TelukTokyo. (Lihat Foto 1 dan 2)

Fitur-fitur khusus Gempa Bumi Besar Jepang Timur ini mengakibatkan kerusakan seismik yang membahayakan sehingga upaya restorasi/rekonstruksi perlu diberikan untuk konstruksi:

- Jembatan Jalan Raya
- Jembatan jalan layang bebas hambatan
- Jembatan Jalan Rel
- Fasilitas Pelabuhan
- Bangunan struktur-baja

Sebagai penutup, penanganan restorasi dan rekonstruksi dengan menggunakan sistim struktur baru diusulkan:

- Bangunan dengan sistim struktur baru menggunakan material struktural yang inovatif.

Gbr. 1 Gambar Epicentrum (Peta)

Gbr. 2 Perbandingan Respons Akselerasi Spektral

Foto 1 Kerusakan Tsunami

Foto 2 Likuifaksi Muka Tanah

(Halaman 8)

Jembatan Jalan Raya

Oleh Takashi Tamakoshi

Institut Manajemen Pertanahan dan Infrastruktur Nasional

Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Angkutan dan Pariwisata.

Bencana Gempa Bumi Besar Jepang Timur mengakibatkan kerusakan besar dimana jembatan jalan raya di daerah pesisir atau di seberang sungai hanyut oleh tsunami yang timbul (Foto 1). Akan tetapi, di area dimana ketinggian tsunami jelas melampaui ketinggian superstruktur jembatan, banyak jembatan tersebut yang tidak tersapu. Di samping itu, ada kasus-kasus dimana pekerjaan tanah di dekat jembatan tersapu bersih tsunami, sementara struktur jembatannya sendiri tidak terganggu. (Foto 2). Saat ini sedang banyak dikembangkan survei dan riset dalam berbagai bidang mengenai mekanisme kerusakan jembatan akibat tsunami.

Dalam hal kerusakan yang timbul diakibatkan gerakan seismik, tidak ada konfirmasi kerusakan fatal yang mengakibatkan kolaps pada jembatan yang dibangun sesuai dengan standar disain yang dicantumkan dalam *Spesifikasi Jembatan Jalan Raya* (dikeluarkan setelah 1996 untuk merespon Gempa Bumi Besar Hanshin pada tahun 1995) ataupun pada

jembatan yang diperkuat berdasarkan standar tersebut. Sebaliknya, pada jembatan yang tidak diperkuat dipastikan terdapat kerusakan seperti tekuk dan fraktur bagian-bagian struktur atas seperti kerusakan dermaga jembatan dan tumpuan (Foto 3), sebagaimana terjadi pada gempa bumi besar lainnya sebelumnya. Di samping itu bahkan ketika kerusakan struktur ringan, banyak contoh perbedaan ketinggian muka jalan yang diakibatkan oleh tenggelamnya tanah urugan pada pangkal jembatan yang kemudian menghambat cepatnya pemulihan fungsi lalu lintas.

Dalam gempa bumi besar ini, dipastikan bahwa likuifaksi tanah terjadi secara luas pada zona pesisir dan menyebabkan kerusakan pada perumahan. Akan tetapi, untuk jembatan jalan raya, tidak terdapat kerusakan besar akibat likuifaksi pada jembatan yang mengikuti standar disain yang dikeluarkan setelah implementasi peraturan disain seismik pada tahun 1971 yang berisi speks disain untuk pencegahan likuifaksi. Sementara itu, kerusakan terjadi pada beberapa jembatan yang dibangun dengan standar teknis yang dikeluarkan sebelum 1971.

Segera setelah gempa bumi, banyak upaya dilakukan untuk menjamin rute angkutan darurat dengan memperbaiki perbedaan ketinggian muka jalan dan memperbaiki pangkal jembatan yang kolaps, membuang debris, dan menggunakan jembatan rakitan sementara (Foto 4). Jembatan sementara dibangun di daerah jembatan yang tersapu bersih dan restorasi darurat dilakukan pada jembatan yang rusak. Saat ini, jaringan jalan raya utama telah kembali berfungsi normal, kecuali yang berada pada daerah yang terkena tsunami dan paparan radiasi. Studi-studi dan pekerjaan lain untuk pemulihan permanen akan tetap dilakukan dan dipercepat.

Foto 1 Hanyutnya struktur atas

Foto 2 Hanyutnya pekerjaan tanah di bagian depan dan belakang jembatan

Foto 3 Kerusakan bresing lateral atas jembatan busur Langer

Foto 4 Jembatan rakitan darurat

(Halaman 9)

Jembatan Jalan Layang Bebas

Hambatan

Oleh Kazuo Kaneda

Perusahaan Jalan Bebas Hambatan Jepang Timur

Sekitar pukul 14:46 pada tanggal 11 Maret, 2011, Gempa bumi Besar Jepang Timur M9, terbesar yang pernah tercatat, menghantam pesisir Sanriku. Guncangan keras akibat gempa dirasakan secara meluas dari Tohoku hingga Kanto. Di Kurihara, Prefektur Miyagi, tercatat pembacaan 7 (nilai maksimum skala intensitas seismik Badan Meteorologi Jepang). Aktifitas intensif gempa diukur pada berbagai jalan bebas hambatan; yang tertinggi 6.3 pada simpang-susun Mita-Minami di Jalan bebas hambatan Kita-Kanto, sementara intensitas 6,2 tercatat pada simpang-susun Taiwa dan Izumi di Jalan bebas hambatan Tohoku dan simpang-susun Sendai-Higashi di Jalan bebas hambatan Sendai-Tobu.

Gbr. 1 menunjukkan respons percepatan spectral yang terkait dengan Gempa Bumi Besar Jepang Timur di lingkungan jembatan layang jalan bebas hambatan Sendai-Tobu. Pada simpang susun Sendai-Higashi dan K-NET Sendai dimana terukur 6.2 pada skala intensitas seismik, respons percepatan spektral mencapai tingkat yang hampir sama dengan respons akselerasi standar gerakan gempa disain tingkat 2 (Tipe II) dalam kisaran dengan periode alami 1 detik. Sementara itu, sehubungan dengan gerakan gempa yang diamati di jalan bebas hambatan, puncak respons akselerasi spektral berada pada sisi periode pendek alami (dalam kisaran dari 0,2 hingga 0,5 detik) di berbagai lokasi. Berikut ini digambarkan kerusakan dan kondisi restorasi darurat jembatan layang Sendai-Tobu yang mengalami kerusakan karakteristik jembatan baja.

Jembatan layang Sendai-Tobu, yang berada di antara simpang susun Sendai-Higashi dan Sendai-Kokita, merupakan jembatan layang menerus dengan panjang keseluruhan 4.390 m yang dibuka untuk lalu lintas pada tahun 2001. Area jembatan yang mengalami kerusakan hebat terdiri dari 2 bagian—satu jembatan gelagar baja menerus 4-bentang (P52~P56) dan satu jembatan baja menerus gelagar-I 2-bentang (P56~P58). Berdasarkan kondisi penyangga bagian-bagian jembatan ini, dalam hal gerakan seismik level 2, penyangga elastik diadopsi sepanjang sumbu longitudinal dan sumbu tegak untuk semua dermaga jembatan, dan pelindung sambungan (level 1) dipasang untuk sumbu tegak.

Foto 1~2 menunjukkan kerusakan pada jembatan layang Sendai-Tobu. Gempa bumi ini menyebabkan fraktur tumpuan karet di dermaga P52 dan P56 pada persilangan antar gelagar, dan juga fraktur dan deformasi pelindung sambungan pada hampir semua dermaga jembatan. Pergeseran residual terlihat pada

superstruktur jembatan—dengan jumlah deviasi sekitar 15 cm dalam arah tegak lurus sumbu jembatan di dermaga P52, dan sekitar 50 cm dalam arah tegak lurus sumbu jembatan serta sekitar 40 cm vertikal di dermaga P56. Dari sini diyakini bahwa deformasi yang melebihi regangan fraktur tumpuan karet terjadi pada superstruktur. Di samping itu, terdapat tanda ekspansi dalam arah tegak lurus sumbu jembatan. Karena ketinggian tumpuan karet gelagar-kotak melebihi ketinggian tumpuan karet gelagar-I dan karena tingginya tingkat deformasi tumpuan gelagar kotak dalam arah tegak lurus sumbu jembatan, deformasi gelagar-I disebabkan oleh deformasi gelagar-kotak, dan sebagai akibatnya, tumpuan karet sangat mungkin mengalami fraktur. Sementara itu, karena peralatan pencegah-kolaps jembatan dipasang dalam arah sumbu memanjang pada persilangan gelagar, kolaps jembatan tidak terjadi.

Tepat setelah gempa bumi, dipasang penyambung (Foto 3) dan pengaku vertical sambung las untuk memperkuat gelagar, dan selanjutnya diimplementasi pekerjaan penyangga darurat sementara dengan menggunakan sadel. Kemudian gelagar diluruskan dan dikembalikan ke posisi semula dengan menggunakan sebuah dongkrak sebagai penyangga sementara (Foto 4), dan selanjutnya, tumpuan karet yang sesuai dengan disain aslinya dibuat dan diinstalasi. Dengan cara ini, pekerjaan restorasi darurat untuk jembatan layan Sendai-Tobu dirampungkan. Untuk mengadopsi restorasi jembatan dengan skala penuh, dibuat disain dengan cara merefleksikan penyebab fraktur karet.

Pada jembatan Sendai-Tobu, kerusakan terjadi pada tumpuan karet tipe-distribusi gaya seismik horizontal. Kerusakan jenis ini tidak ditemukan dimanapun di Jepang. Untuk itu, sebuah komite pemeriksa dibentuk untuk mengklarifikasi penyebab fraktur. Komite ini akan melakukan analisa simulasi dengan menggunakan analisis dinamik nonlinier tiga-dimensi dari gelombang di lokasi dan menentukan kapasitas elongasi tumpuan karet dan kualitas karet yang digunakan. Setelah studi ini selesai, penyebab fraktur dan hasil-hasil pemeriksaan lainnya akan disampaikan kepada publik.

Gbr. 1 Respon Percepatan Spektral

Foto 1 Kerusakan tumpuan karet (P56)

Foto 2 Pergeseran Residual setelah gempa bumi(P56)

Foto 3 Instalasi penyambung sementara

Foto 4 Penyangga sementara

(Halaman 10)

Jembatan Jalan Rel

Oleh Shinichiro Nozawa

Perusahaan Jalan Rel Jepang Timur

Gempa-bumi Besar Jepang Timur pada bulan Maret 2011 menyebabkan kerusakan pada fasilitas jalan rel pada daerah yang luas.

Pada jalur super-cepat Shinkansen Tohoku, kolaps tiang elektrifikasi dan jembatan jalan layang rel RC dan jenis kerusakan lainnya terjadi sepanjang 500 km yang terbentang dari Stasiun Omiya ke Stasiun Iwate-Numakunai. Foto 1 menunjukkan kerusakan pada tumpuan sendi Jembatan Kakyoin, sebuah jembatan gelagar komposit sepanjang 73 m yang terletak di terminal Stasiun Sendai. Sendi ini mengalami fraktur dari tengah. Selama restorasi, sendi ini digunakan seperti sebelumnya, tetapi gelagar dan tumpuannya dikembalikan ke posisi aslinya dan dipasang sebuah alat untuk membatasi pergerakan hanya dalam arah sumbu longitudinal jembatan. Sekalipun sebuah gempa susulan terjadi pada tanggal 7 April, keseluruhan jalur Shinkansen Tohoku beroperasi kembali 29.49 hari setelah terjadinya Gempa bumi Besar Jepang Timur.

Jalur kereta eksisting juga mengalami kerusakan yang luas mulai dari wilayah Tohoku hingga wilayah Kanto. Foto 2 menunjukkan tergelincirnya sebuah gelagar pada jembatan penyebrangan Daiichi-Kyuchu yang berlokasi di Stasiun Kashima Jingu di Jalur Kashima. Jembatan ini diinstalasi dengan kemiringan sudut 60° di gelagar pelat baja rangka dek dari sebuah seksi gelagar-kotak. Sekalipun diketahui perilaku rotasi yang terjadi mungkin diakibatkan oleh gerakan horizontal seismik gelagar miring, kolaps jembatan dapat dicegah dengan selesainya pekerjaan pengembangan dudukan gelagar yang dilakukan sebelumnya. Kebanyakan jalur rel eksisting, selain yang berada di daerah terdampak tsunami, dapat mulai beroperasi pada akhir bulan April 2011.

Tsunami telah mengakibatkan kerusakan serius pada fasilitas jalan rel. Jembatan Ohamagawa pada Jalur Hachinohe menderita hanya kerusakan yang relatif ringan, sementara empat bentangan 10-meter dari gelagar pelat rangka dek baja hanyut akibat tsunami (Foto 3), sehingga diputuskan bahwa jembatan tetap akan digunakan dan direstorasi. Banyak bagian-bagian struktur yang perlu diganti, sementara deformasi pada gelagar dikoreksi dengan pemanasan dan gelagar diinstalasi ulang pada posisi awalnya pada bulan Desember 2011 (Foto 4).

Keseluruhan Jalur Hachinohe dijadwalkan untuk beroperasi kembali pada musim semi 2012. Perencanaan yang dicanangkan meliputi restorasi seksi-seksi jalan rel yang terdampak tsunami di bawah skema restorasi terpadu yang meliputi pembangunan kota yang akan dipromosikan pada tingkat pemerintah lokal dan nasional

Foto 1 Kerusakan tumpuan sendi dan gelincir gelagar baja (terminal Stasiun Sendai, Shinkansen Tohoku)

Foto 2 Gelincir gelagar miring (Stasiun Kashima Jingu. Jalur Kashima)

Foto 3 Gelagar jembatan hanyut akibat tsunami (Jembatan Ohamagawa pada Jalur Hachinohe)

Foto 4 Instalasi perbaikan gelagar (Jembatan Ohamagawa pada Jalur Hachinohe)

(Halaman 11)

Falitas Pelabuhan

Oleh Mitsuyasu Iwanami

Institut Riset Pelabuhan

Pada tanggal 11 Maret 2011, sebuah gempa bumi M9 tipe parit, Gempa Bumi Besar Jepang Timur, terjadi dengan pusat gempa di Lautan Pasifik lepas pantai area Tohoku. Dipicu oleh gempa, gelombang tsunami dengan skala yang belum pernah ada sebelumnya menyerang daerah pantai Jepang Timur dan menyebabkan kerusakan parah. Pada fasilitas pelabuhan, kerusakan, kolaps, pergeseran dan kejadian bencana lainnya terjadi di pemecah gelombang, dermaga dan fasilitas lainnya yang mencakup area yang luas mulai dari Prefektur Aomori hingga Prefektur Chiba.

Dua fitur utama gempa bumi ini yang mencolok adalah: gerakan seismik yang sangat kuat, sebagaimana terlihat dari akselerasi maksimum tertinggi yang pernah tercatat dalam pengamatan gempa bumi besar pada daerah pelabuhan, dan gerakan seismik dengan durasi panjang. Di samping itu, karena gelombang tsunami yang menyerang pantai mempunyai skala yang lebih besar daripada yang diramalkan dalam disain fasilitas pencegahan-bencana, bangunan dan rekayasa teknik sipil termasuk fasilitas pelabuhan mengalami kerusakan serius. (Lihat Gbr. 1 dan Foto 1)

Jenis kerusakan tipikal yang ditemukan pada struktur baja pelabuhan setelah gempa ini adalah disrupsi sambungan saling-kunci tiang turap baja dinding dermaga yang mengakibatkan kolapsnya

dinding dermaga (Foto 2 dan 3). Penyebab kolaps diperkirakan adalah gaya angkat dan gaya hidrolis yang bekerja pada bagian yang rusak oleh gaya gempa yang terjadi pada turap baja dan perkerasan apron. Kerusakan ini dapat digolongkan sebagai bencana tipikal yang disebabkan oleh kejadian gempa bumi-tsunami.

Selanjutnya, dalam gempa bumi ini, bukan hanya pemecah gelombang yang ada di pelabuhan-pelabuhan Hachinohe, Kuji, Miyako dan Soma yang menderita kerusakan tsunami, tetapi juga pemecah gelombang yang dibangun di mulut Pelabuhan Kamaishi dan Ofunato untuk mencegah kerusakan tsunami juga mengalami kerusakan hebat (Foto 3).

Untuk melindungi kehidupan manusia dan asetnya dari tsunami besar, tugas penting untuk ke depannya adalah mengembangkan pemecah gelombang, tanggul laut dan fasilitas pencegah bencana lainnya. Tabel 1 menunjukkan sebuah contoh matriks kinerja menurut tsunami disain untuk fasilitas pencegahan bencana¹⁾. Berdasarkan tabel, untuk tsunami Level 1, fasilitas pencegah bencana dibutuhkan untuk melindungi kehidupan manusia dan aset dan untuk dapat bertahan terhadap kerusakan struktural. Untuk tsunami Level 2, seperti yang menyertai gempa bumi ini, fasilitas ini tentunya harus melindungi kehidupan manusia dan mencegah kerusakan fatal struktur juga harus memiliki “kekokohan” yang memadai untuk mencegah kerusakan sekunder terhadap struktur. Di atas segalanya, untuk tsunami Level 2, upaya pencegahan bencana harus meliputi tidak saja pengembangan fasilitas melainkan juga upaya tambahan seperti persiapan fasilitas perlindungan, rute penyelamatan dan penguatan sistem peringatan.

Gbr. 1 Hasil Survei Ketinggian Tsunami

Foto 1 Sebuah kapal yang menyuruk ke dinding dermaga

Foto 2 Kolaps dinding dermaga tipe turap

Foto 3 Kolaps pemecah gelombang yang dibangun untuk pencegahan tsunami

Table 1 Contoh Kinerja yang Dibutuhkan Berdasarkan Tsunami Disain

(Halaman 12~14)

Bangunan Stuktur-baja

Oleh Isao Nishiyama

Institut Manajemen Pertanahan dan Infrastruktur Nasional

Kementrian Pertanahan, Infrastruktur, Angkutan dan

Pariwisata

Gempa Bumi Hebat dengan Skala yang Belum Pernah Ada

Gempa Bumi Besar Jepang Timur (besaran momen: 9.0) yang terjadi pada tanggal 11 Maret, 2011, merupakan dorongan gempa terbesar yang pernah tercatat di Jepang. Hiposentrum gempa terletak di Lautan Pasifik lepas pantai Sanriku. Gempa ini, yang disebut sebagai Gempa Bumi 2011 Lepas Pantai Pasifik Tohoku, terjadi pada perbatasan antara Pelat Amerika Utara dimana area Tohoku Jepang terletak dan Pelat Pasifik yang menghunjam Pelat Amerika Utara. Per tanggal 14 Nopember, 2011 jumlah korban mati mencapai lebih 15.000 dan jumlah rumah dan bangunan lainnya yang hancur sekitar 120.000.

Berdasarkan model hipocentrum (Gbr. 1) yang dikeluarkan oleh Institut Riset Meteorologi Badan Meteorologi Jepang, area hiposentrum Gempa Bumi Jepang Timur memanjang hingga sekitar 450 km dalam arah utara-selatan dan secara lateral sekitar 150 km dalam arah timur-barat, lepas pantai Prefektur Iwate, Miyagi, Fukushima dan Ibaragi. Intensitas seismik sekitar 6 (dari maksimum 7 pada skala intensitas seismik Badan Meteorologi Jepang) tercatat secara meluas di seluruh prefektur tersebut.

Dengan mengacu pada bangunan struktur baja, artikel ini memperkenalkan garis besar gerakan seismic dan kerusakan tsunami berkaitan dengan gempa bumi ini dan menggambarkan besarnya usaha-usaha yang dilakukan untuk restorasi dan rekonstruksi.

Gbr. 1 Model Hiposentrum dalam Gempa Bumi Besar Jepang Timur, Disiapkan oleh Institut Riset Meteorologi Badan Meteorologi Jepang

Garis Besar Kerusakan pada Bangunan Struktur-baja

• Kerusakan akibat Gerakan Seismik

Survei visual yang dilakukan pada bangunan struktur-baja di Kota Sendai, Prefektur Miyagi—yang terletak relatif dekat episentrum—menunjukkan hampir tidak ada kerusakan serius seperti kolaps bangunan, melainkan hanya kondisi kerusakan ringan seperti jatuhnya elemen non-struktural (Foto 1). Kerusakan pada struktur bangunan adalah jenis standar, seperti patahnya dasar kolom ekspose dan tekuk dan fraktur bresing. Fraktur rapuh sudah diketahui terjadi di sekitar kerang badan ujung-balok dalam bangunan struktur-baja selama Gempa Bumi Besar Hanshin pada

tahun 1995 (Foto 2), tetapi dalam Gempa Bumi Besar Jepang Timur ini kerusakan tipe ini tidak ditemukan. Hal ini mungkin disebabkan, berdasarkan hasil survei, fraktur rapuh ini dianggap hampir tidak ada.

Survei visual untuk mencari kerusakan dilakukan pada total 65 gym sekolah di Prefektur Ibaragi, karena 1) gym merupakan bangunan publik berdasarkan interiornya, 2) gym serupa dalam hal struktur dengan struktur pabrik dan gudang dan 3) intensitas seismik yang tercatat di Prefektur Ibaragi hampir identik dengan yang di Prefektur Miyagi. Kerusakan yang dialami sambungan yang menghubungkan kolom RC dengan atap rangka-baja (seksi tumpuan) sangat tipikal (Foto 3). Dalam hal elemen non-struktural yang jatuh di Sendai, kerusakan langit-langit khususnya terlihat di gym (Foto 4). Di samping itu, tipe kerusakan standar yang teramati adalah: bresing vertical tertekuk dan sambungan patah; defleksi, tekuk dan fraktur bresing horizontal yang diinstalasi pada bidang atap; dan retak penutup beton pada dasar kolom.

Banyak faktor yang mungkin memengaruhi kerusakan, akan tetapi penyebab utama nampaknya adalah dua hal berikut: gaya terpusat yang dihasilkan oleh gerakan seismik dominan dengan elemen periode-pendek³⁾ yang bekerja pada sambungan antar elemen struktural yang berbeda, dan besarnya skala gempa bumi ini yang menimbulkan gerakan seismik berulang dengan durasi panjang.

Akibat Gempa Bumi Besar Jepang Timur, sebuah bangunan tinggi di Osaka, 700 km dari hiposentrum, terus bergetar selama 10 menit atau lebih akibat terjadinya resonansi (Gbr. 2). Permasalahan serupa akibat gerakan seismik periode panjang juga terlihat di beberapa tempat³⁾. Institut Manajemen Pertanahan dan Infrastruktur Nasional bekerja sama dengan Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Angkutan dan Pariwisata sudah mengumumkan bagaimana menghadapi gerakan seismik periode-panjang. Dipicu oleh gempa bumi ini, Institut ini mempromosikan verifikasi penanganan ini dan sedang berusaha untuk menjadikannya standar yang efektif sesegera mungkin.

Dengan asumsi kejadian gempa bumi besar di Palung Nankai, dikatakan bahwa gerakan seismik periode panjang diperbesar dengan adanya prisma akresi palung. Oleh karenanya, sangat perlu untuk mempersiapkan standar yang efektif seperti yang disebut di atas. Periode alami disain bangunan tinggi yang disebut di atas adalah 5,3 detik, akan tetapi bangunan tersebut mengalami resonansi akibat gerakan seismik dengan periode dominan 7,0 detik, yang

kemudian menimbulkan permasalahan dalam pemodelan seismic bangunan.

Gbr. 2 Respon Bangunan Tinggi Struktur-Baja di Osaka dalam Gerakan Seismik Periode-panjang dalam Gempa Bumi Besar Jepang Timur

Foto 1 Elemen non-struktural jatuh

Foto 2 Contoh fraktur sayap ujung balok yang banyak terjadi di Gempa Bumi Besar Hanshin

Foto 3 Kerusakan tumpuan

Foto 4 Atap jatuh

• Kerusakan akibat Tsunami

Tekanan gelombang, penggerusan, pengapungan dan tumbukan oleh arus tsunami merupakan beberapa efek pembebanan akibat tsunami pada bangunan. Dalam Gempa Bumi Besar Jepang Timur, tekanan gelombang tsunami bekerja sebagai gaya yang membentuk mekanisme leleh pada struktur dinding RC seperti digambarkan (Foto 5), dan selanjutnya mengakibatkan fraktur pada las dasar kolom bangunan struktur baja (Foto 6). Penggerusan akibat arus tsunami mengeruk tanah sekitar pondasi dan menyebabkan pemiringan bangunan (Foto 7). Berbeda dengan bangunan struktur RC, bangunan struktur baja dimana elemen eksteriornya mengalami fraktur dini sulit membentuk akumulasi udara id dalam bangunan, dan dengan demikian jarang mengalami guling yang disebabkan oleh interaksi dengan daya apung (Foto 8). Tumbukan arus dengan bangunan dapat dilihat dari deformasi residual pada kolom baja (Foto 9).

Pedoman Bangunan Perlindungan Tsunami yang disiapkan oleh Kantor Kabinet menggambarkan tekanan gelombang tsunami (Gbr. 3). Dalam *Pedoman* ini, perencanaan diusulkan dengan menggunakan tekanan air statik virtual adalah tiga kali tinggi banjir pasang rencana dan diasumsikan hanya bekerja pada satu sisi bangunan. Dengan memverifikasi bangunan yang rusak oleh tsunami yang dibangkitkan oleh gempa bumi ini, nilai 3 dalam perencanaan sebenarnya adalah sekitar 0,6 sampai 1 kali (Gbr. 4). Hal ini mungkin disebabkan karena konstruksi pemecah gelombang; dan dalam hal dimana pemecah gelombang terbelah sebagian, nilai ini efektif mengurangi kecepatan arus gelombang tsunami.

Dalam *Pedoman* sementara yang baru saja diajukan, bahkan dalam hal dimana diperkirakan ada efek pemecah gelombang yang disebut di atas, dicantumkan nilai dua kali kedalaman banjir. Sekalipun nilai dua kali kedalaman banjir memberikan kelonggaran yang

memadai, nilai ini diusulkan dengan mempertimbangkan ketidak-pastian simulasi pendekatan tsunami yang menentukan peta bencana (peta perkiraan kedalaman banjir). Oleh karena itu, pengembangan teknologi analitis sangatlah dibutuhkan.

Gbr. 3 Metode Perhitungan untuk Tekanan Gelombang Tsunami dalam Pedoman Kantor Kabinet

Gbr. 4 Nilai Numerik Menunjukkan Efek Pembebanan Tsunami yang Diperoleh dengan Perhitungan Balik dari Data Survei Lokasi

Foto 5 Mekanisme Leleh pada dinding RC

Foto 6 Fraktur las dasar kolom

Foto 7 Inklinasi bangunan struktur RC akibat penggerusan

Foto 8 Bangunan struktur baja terguling akibat apung

Foto 9 Kerusakan akibat tumbukan arus

Menuju Restorasi dan Rekonstruksi

Kebanyakan daerah yang terkena bencana tsunami akibat Gempa Bumi Besar Jepang Timur sebelumnya telah mengalami Tsunami Besar Meiji-Sanriku dan Tsunami Gempa Bumi Showa-Sanriku. Pelajaran dari bencana beberapa tsunami sebelumnya harus dimanfaatkan dalam proyek restorasi dan rekonstruksi yang tengah dipromosikan, dengan demikian akan terdapat banyak cara untuk merelokasi kota dan desa ke tempat yang lebih tinggi. Akan tetapi, ahli rekayasa haruslah lebih berperan penting dalam memanfaatkan lahan yang luas yang rawan banjir. Secara khusus, diperlukan rintisan dalam penggunaan tingkat bawah bangunan untuk menghindari tekanan gelombang tsunami. Cara lainnya adalah dengan menopang bangunan dengan tiang pancang untuk mencegah tergulingnya bangunan akibat penggerusan. Berbagai pendekatan rekayasa ini akan memungkinkan pembangunan struktur yang cukup menahan tsunami di daerah rawan.

Proposal hukum untuk membangun area pencegah bencana tsunami diputuskan di rapat Kabinet yang diadakan pada bulan Oktober 2011. Di samping itu, berbagai gerakan restorasi dan rekonstruksi sedang dilakukan dengan gencar. Diharapkan respon positif terhadap gerakan ini semakin meningkat tidak saja dalam bidang konstruksi tetapi juga di bidang lainnya.

(Halaman 15~16)

Bangunan Sistem Struktur Baru dengan Penggunaan Material Struktural

Inovatif.

—Proposal untuk Menggunakan Bangunan Ini untuk Restorasi dan Rekonstruksi—

Asosiasi Teknologi Baru Perumahan Perkotaan
Federasi Besi dan Baja Jepang
Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

Bangunan Sistem Struktur Baru dengan Penggunaan Material Struktur Inovatif merupakan proyek Litbang kerjasama pemerintah-swasta yang dipromosikan dari tahun 2004 hingga 2008. Secara khusus, proyek ini dipromosikan bersama oleh perusahaan besar pembuatan baja dan kontraktor umum bersama dengan Kantor Kabinet; Kementerian Ekonomi, Perdagangan dan Industri; dan Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Angkutan dan Pariwisata. Target utama proyek ini adalah untuk mengembangkan “produk baja baru dengan kekuatan dua kali kekuatan produk konvensional” Ini kemudian diikuti dengan tambahan dasar yang kuat untuk penggunaan praktis struktur tahan lama bangunan sistem struktur baru dengan material struktur inovatif yang menawarkan tiga fitur karakteristik: penggabungan yang rasional berbagai fungsi dalam gedung, kemungkinan fleksibilitas yang lebih tinggi ketika merubah struktur dalam setelah selesainya bangunan, dan penggunaan-ulang elemen struktur. (Lihat Gbr. 1)

Ketahanan Seismik yang Lebih Ditingkatkan

Kinerja prioritas tertinggi yang dituntut untuk bangunan dengan masa layan panjang adalah ketahanan seismik. Ada tiga hal yang dituangkan dalam pengembangan Bangunan Sistem Struktur Baru dengan Penggunaan Material Struktur Inovatif:

- Skala gempa bumi maksimum yang terjadi selama masa layan bangunan harus ditetapkan 7 (titik tertinggi pada skala intensitas seismik Badan Meteorologi Jepang).
- Bangunan harus berada dalam rentang elastik selama gerakan seismik.
- Bangunan harus tetap dapat digunakan setelah mengalami gempa bumi hebat.

Peraturan bangunan yang ada sekarang terkait ketahanan seismik untuk bangunan biasa menentukan bahwa deformasi plastis elemen struktur diperbolehkan selama gerakan seismic dengan level intensitas seismik 5⁺, tetapi bangunan tidak boleh kolaps. Bila dibandingkan dengan level ketahanan seismik ini, mudah dilihat seberapa tinggi ketahanan seismik yang

ditargetkan untuk Bangunan Sistem Struktur Baru. (Lihat Gbr. 2)

Baja Mutu-tinggi Baru

Apabila terdapat dana yang besar, tidaklah sulit untuk memproduksi “baja dengan kekuatan dua kali kekuatan baja konvensional.” Akan tetapi, dalam proyek ini, targetnya adalah menghasilkan kekuatan dua kali lipat dengan tetap mempertahankan daya kompetisi pasar. Untuk alasan tersebut, diputuskan untuk tidak menambah logam bumi langka dan elemen logam campuran dan untuk menghilangkan atau menyederhanakan proses perlakuan panas QT (*quenched and tempered*). Pada tahap ini, baja mutu-tinggi baru yang memenuhi spesifikasi target awal berhasil dikembangkan dalam proyek ini dengan mengoptimalkan penggunaan *TMCP* (proses control thermo-mekanis), yang saat ini merupakan teknologi terancang penggilasan pelat (Gbr. 3). *TMCP* adalah proses hemat-energi yang efisien dengan demikian baja mutu-tinggi ini mengurangi berat bangunan dan kondusif untuk membangun struktur dengan emisi CO₂ yang lebih rendah.

Bangunan Sistem Struktur Baru dengan Penggunaan Material Struktur Inovatif

Bangunan sistem struktur baru bersifat tahan-kerusakan memiliki masa layanan yang panjang, dapat menggunakan berbagai aplikasi bagian dalam, dan lebih lagi, memungkinkan penambahan atau penghilangan elemen struktur. Bangunan ini jauh di luar konsep bangunan konvensional dalam menciptakan bangunan perkotaan yang berbeda yang mencakup berbagai infrastruktur perkotaan

Tsunami besar yang ditimbulkan oleh gerakan seismic Gempa Bumi Besar Jepang Timur telah menyebabkan kerusakan destruktif pada sejumlah besar pelabuhan ikan serta area pertanian dan perkotaan yang menyebar dari dan ke garis pantai Jepang timur dari Tohoku ke Kanto. Kerusakan fatal menimpa tidak saja bangunan tetapi juga semua infrastruktur perkotaan yang sudah dibangun untuk menopang struktur bangunan: seperti permukaan tanah, jalan, air dan saluran pembuangan, sistem suplai gas dan listrik serta jaringan komunikasi.

Dalam menangani bencana besar belakangan ini, yang sungguh merupakan krisis nasional, sangat diharapkan dilakukan restorasi dan rekonstruksi dengan keberhasilan yang dapat dicapai dengan gabungan berbagai usaha baik dari pemerintah maupun

swasta dalam mengembangkan bangunan sistem struktur baru. Bangunan ini menawarkan keuntungan dalam rekonstruksi sebagai berikut:

- Dengan komposisi yang terdiri dari kolom baja ramping dengan kekuatan dua kali kekuatan baja konvensional, struktur rangka dapat menangkis gaya destruktif tsunami pada lantai bawah dan dapat menyediakan ruang yang memiliki struktur aman pada lantai atas.
- Berbeda dengan konstruksi bangunan yang dimulai setelah infrastruktur perkotaan tersedia, bangunan sistem struktur baru memungkinkan pembangunan konstruksi dimulai dan diselesaikan serentak dengan konstruksi infrastruktur perkotaan.
- Bangunan sistem struktur baru memungkinkan pengembangan detail bertahap sesuai kebutuhan setempat sebagai bangunan darurat dan kemudian melakukan perubahan aplikasi bagian dalam sejalan dengan kemajuan rekonstruksi.

(Lihat Gbr. 5~7)

Di samping kemampuan menahan intensitas seismic level-7 dalam rentang elastik, Bangunan Sistem Struktur Baru dengan Penggunaan Material Struktur Inovatif lebih baik dalam hal ketahanan terhadap tsunami dibanding struktur lain. Bangunan ini juga memiliki struktur perangkaan yang berperan besar dalam proyek rekonstruksi untuk merespons kerusakan akibat Gempa Bumi Besar Jepang Timur. Kami bermaksud menyampaikan keuntungan-keuntungan yang diperoleh dari Bangunan Sistem Struktur Baru dengan Penggunaan Material Struktur Inovatif

Gbr. 1 Kota yang Dikembangkan dengan Bangunan Sistem Struktur Baru

Gbr. 2 Ketahanan Seismik Bangunan Struktur Baru

Gbr. 3 Rasionalitas Ekonomis dalam Pengembangan Baja Mutu-tinggi Baru

Gbr. 4 Peran Bangunan Sistem Struktur Baru dalam Rekonstruksi Kota Baru

Gbr. 5 Model Prototipe Pusat Distribusi

Gbr. 6 Model Prototipe Pangkalan Wilayah

Gbr. 7 Model Prototipe Area Perkotaan Padat



Symposium dan Acara Internasional

(Halaman 17)

Simposium MKBJ 2011 mengenai Konstruksi Baja Struktural

Masyarakat Konstruksi Baja Jepang (MKBJ) setiap tahun mengadakan “ Simposium MKBJ mengenai Konstruksi Baja Struktural” sejak 2004. Tujuan simposium ini adalah menyediakan wadah untuk integrasi yang komprehensif bagi semua hasil operasional yang diperoleh berbagai komite dan grup riset MKBJ dan untuk menyediakan situs bagi pertukaran bersama antar anggota dan pihak lain yang terlibat dalam konstruksi baja. Untuk menghasilkan hasil yang substansial, dalam menyelenggarakan sebuah simposium dilakukan kerja sama dalam perencanaan dan studi antara Komite Hubungan Masyarakat dengan Komite Pelaksana Simposium.

Simposium MKBJ 2011 mengenai Konstruksi Baja Struktural dilaksanakan pada bulan Nopember 2011 di Tokyo. Simposium ini mengadakan berbagai acara melalui kerja sama antara anggota dan komite MKBJ serta organisasi terkait lainnya. Acara yang diadakan meliputi kuliah khusus, sesi baja tahan- karat, laporan mengenai gerakan ISO/TC 167 terakhir, sesi teknik, presentasi hadiah MKBJ dan kuliah dari pemenang hadiah, serta sebuah sesi akademi.

Pekerjaan struktur dan makalah para pemenang hadiah diperkenalkan pada pameran panel. Keduanya juga dipamerkan di tempat-tempat sosial dengan menggunakan peralatan bergerak sehingga dapat dilihat oleh para peserta.

Untuk membuat symposium lebih menarik dan meningkatkan jumlah peserta simposium, pengumuman mengenai acara ini disebarkan tidak hanya oleh komite yang bersangkutan tetapi juga via e-mail. Hasilnya jumlah peserta pendaftar awal berjumlah 350 dan selama dua hari menjadi total sekitar 1.000. Simposium ini menjadi ajang berguna bagi pertukaran antara peneliti dan insinyur yang bekerja dalam bidang konstruksi baja, dan juga berfungsi untuk mengumpulkan informasi terakhir dalam konstruksi baja.

Simposium MKBJ 2012 mengenai Konstruksi Baja Struktural in dijadwalkan diselenggarakan pada tanggal 15 dan 16 Nopember 2012.

(Foto)

Sambutan Presiden MKBJ Koichi Takanashi
Pemberian penghargaan Hadiah Presiden MKBJ
Acara sosial

Pertemuan kuliah khusus

(Tabel)

Garis Besar Program Simposium

(Halaman 18)

Hadiah Utama IAJ 2011 kepada Prof. Emeritus Koichi Takanashi

Prof. Emeritus Koichi Takanashi Universitas Tokyo (Presiden Masyarakat Konstruksi Baja Jepang) dianugerahi Hadiah Utama IAJ (Institut Arsitektur Jepang) 2011.

Hadiah ini adalah hadiah yang paling bergengsi yang diberikan oleh Institut Arsitektur Jepang dan diberikan kepada anggota individu yang pencapaiannya memberikan sumbangan bagi kemajuan rekayasa arsitektur dan struktur. Pencapaian yang menonjolnya sangat beragam: inisiatif riset dalam bidang disain plastis, disain gempa dan disain kondisi-batas dalam konstruksi baja di Jepang selama bertahun-tahun, dan kontribusi yang diakui tingkat internasional dalam promosi dan penggunaan praktis standar dan spesifikasi. Pencapaian ini yang membawanya terpilih untuk Hadiah Utama IAJ 2011.

(foto)

Dr. Takanashi (kanan) menerima Hadiah Utama IAJ 2011

Medali Fazlur Khan dari DBTHP bagi Prof Akira Wada

Prof. Emeritus Akira Wada dari Institut Teknologi Tokyo dianugerahi Medali Pencapaian Seumur Hidup Fazlur R. Khan dari Dewan Bangunan Tinggi dan Habitat Perkotaan (DBTHP) 2011

Hadiah ini diawali pada tahun 2004 untuk memperingati pencapaian Dr Fazlur Khan yang mendisain sederet struktur bangunan tinggi dengan menggabungkan konsep baru, seperti yang terlihat pada Pusat John Hancock di Chicago. Dr. Wada sudah lama mempromosikan riset ekstensif dalam bidang teknologi arsitektur dan teknik gempa serta aplikasi praktis dari hasil-hasil risetnya. Usaha-usahanya ini telah menyumbang bagi pengembangan disain gempa untuk bangunan tinggi tidak saja di Jepang tetapi juga di luar negeri. Pujian yang tinggi dari tingkat internasional bagi pencapaian ini membawa terpilih untuk menerima penghargaan ini.

(foto)

Dr. Wada (kiri) menerima Medali Fazlur Khan dari DBTHP

Kuliah oleh Dr. Wada untuk memperingati penghargaannya

Medali Robert H. Scanlan bagi Prof. Yozo Fujino

Prof. Yozo Fujino dari Universitas Tokyo dianugerahi Medali Robert H. Scanlan dari Masyarakat Insinyur Sipil Amerika (MISA)

Medali Scanlan diawali pada tahun 2002 oleh Institut Mekanika Teknik MISA untuk memperingati kontribusi seumur hidup Prof. Robert H. Scanlan dalam bidang mekanika teknik. Ini merupakan hadiah bergengsi yang diberikan kepada individu yang memiliki pencapaian ekstensif dan hebat dalam bidang mekanika teknik berdasarkan kontribusi ilmiah secara teori dan praktek, dan area pencapaiannya biasanya mekanika struktur, teknik angin atau aerodinamika. Selain itu, ini merupakan hadiah terbuka yang diberikan tanpa mempertimbangkan keanggotaan MISA ataupun kebangsaan. Orang Jepang sebelumnya yang menerimanya adalah Prof. Emeritus Masaru Matsumoto dari Universitas Kyoto dan Prof. Masanobu Shinozuka dari Universitas Kalifornia.

Medali ini diberikan untuk pengakuan kontribusi besar yang diberikan Prof. Fujino dalam bidang dinamika, efek angin, ketepatan evaluasi dan teknologi kontrol aktif/pasif mengenai jembatan.

(foto)

Medali Robert H. Scanlan

Dr. Fujino (tengah) menerima medali

Tn. dan Ny. Scanlan dan Dr. Fujino

■ ■ ■ ■ ■

(Sampul Belakang)

Kepada Pembaca

Oleh Masatsugu Nagai

Ketua Komite Internasional, MKBJ

(Profesor, Universitas Teknologi Nagaoka)

Sebagai perwakilan Masyarakat Konstruksi Baja Jepang (MKBJ), saya ingin memulai dengan menyampaikan simpati yang dalam kepada para korban Gempa Bumi Besar Jepang Timur. Dalam kesempatan

ini, kami berjanji untuk meningkatkan usaha maksimum untuk rekonstruksi dan dukungan dengan kerjasama yang kuat dengan pihak-pihak yang bekerja di bidang konstruksi di Jepang. Lebih jauh, kami ingin menunjukkan penghargaan yang tinggi untuk dukungan sepenuh-hati yang kami terima dari banyak negara.

Dimulai dengan terbitan No. 26 *Steel Construction Today & Tomorrow*, Komite Internasional MKBJ menerima tanggung jawab untuk perencanaan editorial salah satu terbitan tiga-bulanan jurnal ini. Semenjak inaugurasinya, MKBJ sudah mempromosikan survey, riset dan pengembangan teknologi untuk meningkatkan penggunaan teknologi konstruksi baja. Di saat yang sama, MKBJ secara teratur meluaskan kerjasama dengan organisasi terkait di luar negeri.

Setelah penggabungan MKBJ dengan Asosiasi Bangunan Baja Tahan-karat pada tahun 2010, bidang operasi MKBJ meluas dan meliputi tidak hanya baja karbon tetapi juga baja tahan-karat yang sangat tahan korosi. Sebagai akibatnya, kami berniat secara aktif menyebarkan informasi ke seluruh dunia terkait dengan konstruksi baja dalam rentang yang lebih luas.

Sebagaimana terbitan No. 32, terbitan sekarang, No. 35, dibuka dengan pengumuman tentang Hadiah Presiden MKBJ dan pemenang Hadiah Tesis 2011. Fitur khusus membahas Gempa Bumi Besar Jepang Timur: khususnya kerusakan pada struktur bangunan akibat gempa, gempa susulan dan tsunami, dan selanjutnya pekerjaan restorasi dan rekonstruksi. Topik utama lainnya meliputi pemberian penghargaan—Hadiah Utama IAJ 2011 kepada Presiden Koichi Takanashi, Medali Fazlur Khan dari DBTHP bagi Prof. Akira Wada dan Medali Robert H. Scanlan bagi Prof. Yozo Fujino—dan gambaran Simposium MKBJ 2011 mengenai Konstruksi Baja Struktural, yang diadakan tahunan dengan dukungan dari anggota MKBJ, komite-komite terkait, dan organisasi-organisasi terkait.

Komite Internasional, sementara menghadapi beragam respons terhadap internasionalisasi peraturan konstruksi baja, juga meningkatkan pertukaran informasi teknis dan personel dengan organisasi luar negeri. Sebagai salah satu aspek dari operasi ini, kami menyampaikan operasi MKBJ kepada para pembaca mengenai tren konstruksi baja, teknologi dan pengembangannya dalam perencanaan, disain, dan pembangunan struktur baja di Jepang melalui “Isu Khusus mengenai Masyarakat Konstruksi Baja Jepang”, yang diterbitkan sebagai salah satu isu tahunan *Steel Construction Today & Tomorrow*.

Jika anda berniat untuk mendapatkan informasi lebih detil mengenai berbagai artikel yang terdapat dalam isu ini atau untuk mendapatkan informasi teknis terkait, anda dapat mengontak anggota staff MKBJ Hiroshi Sugitani (h.sugitani@jssc.or.jp).