

# STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 38 April 2013)

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. 38 April 2013: Isi**

---

### *Isu Khusus:*

Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

### *Hadiah MKBJ 2012*

SkyPark	1
Gedung Pusat P&P Menggunakan Baja 1.000N	2
Penanganan Gempa untuk Bangunan Eksisting	3
Jembatan Tokyo Gate	4

<i>Hadiah Tesis MKBJ 2012</i>	5~6
-------------------------------	-----

### *Fitur Khusus: Teknologi Bangunan Tinggi Mutakhir di Jepang*

Disain Gempa	7
Disain Tahan-angin	8
Osaki Kota Sony	9
ABENO HARUKAS	11
ARK Hills Sengokuyama Mori Tower	13
Proyek Jalan Lingkar No. 2	15
Rencana Otemachi 1-6	17

Operasi MKBJ: Simposium 2012	Back cover
Kepada Pembaca	Back cover

---

Versi Indonesia: ©Federasi Besi dan Baja Jepang 2013

Federasi Besi dan Baja Jepang  
3-2-10 Nihonbashi-Kayabacho, Chuo-ku, Tokyo  
103-0025, Jepang  
Fax: 81-3-3667-0245 Telepon: 81-3-3669-4815  
Alamat email: sunpou@jisf.or.jp  
URL <http://www.jisf.or.jp>

## Hadiah MKBJ 2012

(Halaman 1)

### **SkyPark: Puncak Atap Besar, Struktur Baja Penghubung Tiga Menara Tinggi**

Pemenang Hadiah: Yasuhisa Miwa, JFE Engineering Corporation

#### **Garis Besar SkyPark**

Sebagaimana namanya, SkyPark merupakan taman udara yang dibangun di atas tiga menara tinggi di Singapura. Bangunan ini memiliki panjang total 340 m dan lebar 40 m. Sebagai ciri kota baru, SkyPark dibuka pada bulan Juni 2010 dan kini berdiri mencolok di antara berbagai fasilitas yang dioperasikan oleh Marina Bay Sands Pte Ltd., sebuah perusahaan resor di Singapura (Foto 1).

Pembangunan SkyPark dilaksanakan oleh usaha patungan antara JFE Engineering Corporation dari Jepang dan Yongnam Engineering & Construction Pte Ltd. dari Singapura yang mendapatkan kontrak pekerjaan pada bulan April 2008 untuk membangun konstruksi baja SkyPark. Perusahaan bersama ini segera memulai disain rinci dan rencana pekerjaan dan mulai pekerjaan di lokasi pada July 2009 untuk pekerjaan struktur baja seberat 8.000 ton hanya dalam Sembilan bulan.

#### **Struktur SkyPark**

SkyPark terdiri dari dua buah jembatan rangka baja yang menghubungkan ketiga menara hotel (Menara 1, 2 dan 3), sebuah jembatan gelagar kotak yang berupa struktur kantilever sepanjang 67,7 m di Menara 3, dan dipadukan dengan dua struktur kerangka baja di atas Menara 2 dan 3

#### **Fabrikasi dan Pekerjaan Konstruksi Baja**

Elemen-elemen struktur baja difabrikasi oleh sebuah perusahaan lokal Yongnam Engineering & Construction, dan kemudian diangkut ke lokasi konstruksi. Pembangunan struktur rangka baja pada Menara 1 dan 2 dilakukan dengan cara mengangkat elemen struktur satu-per satu dengan derek menara ke posisi yang ditentukan. (Lihat Foto 1 dan 3)

Elemen struktur untuk jembatan gelagar kotak pada Menara 3, jembatan penghubung dua menara dan struktur kantilever pada Menara 3 di rakit dahulu di permukaan tanah di sebelah menara menjadi segmen besar kemudian diangkat menggunakan strand jack tenaga besar yang dirakit pada kerangka gantry di puncak menara. Segmen besar yang dirakit kemudian diberi nomor 3 masing-masing untuk gelagar utama jembatan penghubung kedua menara, nomor 2 untuk kedua gelagar utama gelagar kotak pada Menara 3, dan nomor 6 untuk struktur kantilever. Sebanyak 14 segmen besar dengan berat total 4.000 ton diangkat dan dibangun selama tiga bulan dari 1 Oktober 2009 sampai 29 Desember 2009. Semua segmen ini diangkat hingga ketinggian 200 m, masing-masing dengan kecepatan 15 m/jam selama periode 15 jam.

#### **Tindakan Keselamatan**

Karena konstruksi SkyPark secara rutin dilakukan pada ketinggian yang melebihi 200 m maupun di permukaan tanah, dibutuhkan kehati-hatian untuk menjamin keselamatan maksimum bagi para pekerja. Praktisnya, secara terus menerus dipastikan bahwa selama periode sibuk 450 pekerja dan 70 staf yang ada memakai jaring pengaman agar tidak terjatuh dan membawa *lanyard* untuk mencegah jatuhnya peralatan. (Lihat Foto 4)

\*\*\*\*\*

Pencapaian yang perlu dicatat selama konstruksi SkyPark adalah selesainya proyek yang demikian besarnya, dengan segala tingkat kesulitan konstruksi, tanpa adanya kecelakaan serius selama lebih dari satu juta jam kerja. Hal ini tentunya dikarenakan usaha besar dan menyatu yang diberikan oleh staf kantor lokal, insinyur lokal, dan staf Jepang, yang menembus budaya dan bahasa dalam rangka penyelesaian proyek.

Foto 1 SkyPark: Ciri kota baru di Singapura

Foto 2 Pengangkatan segmen jembatan rangka baja

Foto 3 Segmen baja berat diangkat ke ketinggian target 200 m

Foto 4 Project besar diselesaikan tanpa kecelakaan serius selama lebih dari sejuta jam kerja

(Halaman 2)

### **Pusat Penelitian dan Pengembangan Amagasaki —Menggunakan Baja Mutu 1,000 N**

Pemenang Hadiah: Nikken Sekkei Ltd., Shimizu Corporation, Katayama Stratech Corporation dan Sumitomo Metal Industries, Ltd. (sekarang Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation)

Sumitomo Metal Industries, Ltd. (sekarang Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation) telah mengembangkan baja mutu tinggi kelas 1.000 N (kuat tarik:  $950 \text{ N/m}^2$ ), yang dinyatakan sebagai baja dengan mutu tertinggi dunia. Aplikasi praktis penggunaan baja ini adalah pada konstruksi gedung utama Pusat Penelitian dan Pengembangan Komprehensif (sekarang menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Nippon Steel & Sumitomo Metal Amagasaki (Lihat Foto 1)

Baja dengan mutu 1.000 N dikembangkan oleh konsorsium Riset dan Pengembangan bersama yang terdiri dari Sumitomo Metal, Universitas Osaka, Institut Teknologi Kyoto, Katayama Stratech Corporation dan Nikken Sekkei Ltd. Riset dan Pengembangan bersama ini dilakukan antara 2003 hingga 2010 dan meliputi tidak saja pengembangan bajanya dan materi las terkait tetapi juga kondisi pengelasan, seperti input panas, pemanasan awal dan pemanasan akhir.

Bangunan ini menawarkan tiga fitur struktural utama:

- Struktur kontrol-respon dipusatkan di lantai pertama dan terdiri dari kolom baja dan bresing kontrol-respon mutu 1.000 N (Gbr. 1). Hampir semua energi seismik gempa bumi diserap oleh bresing kontrol-respon yang diinstalasi di lantai pertama, sehingga rangka lantai kedua dan selebihnya tetap berada dalam kondisi elastis selama gempa bumi skala besar. Agar kolom mutu 1.000 N bertahan dalam kondisi elastis selama gerakan seismik yang melampaui tingkat yang diperkirakan, dasar tiap kolom diberikan penyangga bulat dan bracket pendek untuk menghasilkan mekanisme pemacu pencegah leleh kolom (Gbr. 2, Foto 2 dan 3).
- Ruang kerja luas,  $133 \text{ m} \times 23 \text{ m}$  yang disediakan agar laboratorium dapat menyesuaikan dengan perubahan di masa depan sesuai dengan tema riset dan organisasi riset (Foto 4).
- Struktur kulit-ganda diadopsi untuk sisi timur untuk meningkatkan penghematan energi, dan sistem pengaturan udara dan pencahayaan yang diadopsi mempertimbangkan lingkungan pengoperasian laboratorium.

Bila bangunan ini dilihat dari luar, perangkaan kolom-balok baja yang dirakit dengan bentuk kisi akan

nampak dari kaca, dan pada jalan masuk ke lantai pertama pengunjung dapat melihat langsung kolom baja mutu 1.000 N dan dan bresing kontrol-respon yang terpusat di lantai pertama. Kedua sistem struktural ini merupakan fitur utama tampilan gedung ini.

Foto 1 Tampilan gedung

Foto 2 Instalasi rangka baja

Foto 3 Dasar kolom

Foto 4 Interior ruang laboratorium

Gbr. 1 Kerangka Struktural

Gbr. 2 Gbr. 2 Detil Dasar Kolom

(Halaman 3)

### **Pengembangan Teknologi Penanganan Gerakan Seismik Durasi Panjang dan Periode Panjang pada Bangunan Tinggi Eksisting**

Pemenang Hadiah: Osamu Hosozawa, Yuichi Kimura, Kenji Suda, Chiaki Yoshimura dan Hideshi Aono, Taisei Corporation

Diramalkan bahwa gempa bumi Tokai, Tonankai, Nankai dan gempa besar lainnya akan terjadi dalam waktu dekat di Jepang. Dikhawatirkan bahwa gerakan seismik dengan durasi panjang dan periode panjang yang terjadi selama gempa bumi tersebut akan merambat dari pusat gempa hingga menjangkau daerah jauh dengan besaran energi yang sama. Pada daerah urban yang besar banyak terdapat bangunan tinggi dan bangunan eksisting yang dirancang tanpa memperhitungkan penanganan gerakan seismik periode panjang. Apabila bangunan-bangunan ini dilanda gerakan seismik periode panjang, yang ditakutkan adalah osilasi besar akan berlanjut selama periode lama dan menghancurkan tidak hanya struktur bangunan tetapi juga elemen non struktural dan peralatan.

Sebagai perlakuan untuk gerakan seismik periode panjang yang terjadi pada bangunan tinggi eksisting, perlu diinstalasi peredam kontrol-respon (*response-control damper*) untuk menambah kapasitas peredaman sehingga mengurangi deformasi dan osilasi lateral maksimum. Akan tetapi, instalasi peredam pada bangunan eksisting menghadapi satu permasalahan: gaya reaksi peredam bekerja pada rangka yang ada (kolom, balok, pondasi, dll) yang mana akan membutuhkan perkuatan.

Teknologi penanganan yang telah kami

kembangkan untuk gerakan seismik periode panjang dan durasi panjang pada bangunan tinggi eksisting cukup memadai untuk masalah ini. Secara khusus, dalam aplikasi teknologi ini, *deformation-dependent oil dampers* diadopsi untuk mengurangi kapasitas peredaman dalam ranah deformasi maksimum, dengan demikian dapat dilakukan instalasi peredam tanpa perlu perkuatan rangka eksisting. Selanjutnya, dikembangkan metode *crimping* untuk pemasangan peredam dengan batang baja PC yang tidak membutuhkan pengelasan di-tempat, sehingga dapat dilakukan instalasi peredam pada bangunan target yang sedang digunakan. (Lihat Gbr. 1 dan Foto 1)

Teknologi ini diaplikasikan pada Gedung Shinjuku Center untuk menghadapi gerakan seismik periode panjang (Foto 2). Gempa Bumi Besar Jepang Timur pada Maret 2011, bangunan ini tidak mengalami kerusakan seismik yang berarti akibat adanya efek pengurangan-respon (*response-reduction effect*) yang dihasilkan oleh penggunaan peredam minyak berbasis deformasi (*deformation-dependent oil dampers*) dan dapat melanjutkan operasi bisnis tanpa gangguan.

Foto 1 Instalasi peredam minyak (*oil damper*)

Foto 2 Gedung Shinjuku Center

Gbr. 1 Posisi Instalasi Peredam Minyak (*Oil Damper*)

(Halaman 4)

## **Jembatan Tokyo Gate: Struktur Menerus Komposit Rangka Baja-Box 3 Bentang**

Pemenang Hadiah: Ken Fukunishi, Kantor Pelabuhan Tokyo, Biro Pengembangan Wilayah Kanto, Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transport dan Pariwisata

Proyek jalan raya pantai Pelabuhan Tokyo direncanakan untuk tiga alasan: untuk mengurangi kemacetan lalu-lintas di daerah sekitar Pelabuhan Tokyo yang diakibatkan meningkatnya aktivitas container barang, untuk menjamin lancarnya logistik dan mengurangi biaya-biaya logistik. Jembatan Tokyo Gate merupakan jembatan baja dengan panjang 2.618 m yang merupakan satu segmen dari jalan raya (Foto 1).

Karena terletak dekat Bandara Internasional Tokyo (Haneda), peraturan ruang udara diterapkan 98,1 m. Selanjutnya, karena jembatan ini membentang di atas fairway timur Pelabuhan Tokyo, maka perlu tersedia jalan yang tidak terhalang dengan lebar 300 m dan

tinggi 54,6 m di atas muka air tanah. Oleh karena itu dipilih bentuk jembatan rangka karena jembatan gantung ataupun jembatan kabel yang akan membutuhkan menara utama mejadi tidak mungkin.

### **Disain Jembatan Tokyo Gate**

Konstruksi baja tergantung pada disain yang harus mencakup berbagai kondisi pembatas, mengurangi biaya konstruksi, menciptakan lansekap dan menekan biaya perawatan. Untuk memenuhi keperluan ini, perlu dikembangkan dan diadopsi teknologi baru, dikumpulkan contoh-contoh kerusakan jembatan dan dicari langkah-langkah perbaikan kerusakan. Berikut ini adalah contoh yang dapat dilakukan:

- **Pengurangan Berat Baja dengan Penggunaan Elemen BHS:** Untuk jembatan rangka dimana beban mati merupakan berat terbesar sebuah jembatan, maka dipahami bahwa biaya konstruksi dapat diturunkan dengan mengurangi beban jembatan hingga minimum. Karena BHS (*bridge high-performance steel*) menghasilkan kekuatan lebih besar dibandingkan dengan produk baja konvensional, penggunaannya memungkinkan tidak saja pengurangan berat total baja tetapi juga efisiensi jembatan yang dibangun dengan keterbatasan kondisi alam dan sedikitnya kebutuhan akan pengelasan konstruksi. Karenanya produk BHS sangat banyak digunakan.
- **Rasionalisasi Disain Perangkaan Slab Baja dan Penanganan Fatik pada Slab Baja:** Setelah melakukan berbagai studi mengenai struktur rangka yang dapat mengurangi beban mati struktur atas dan mendistribusikan beban hidup secara rasional, maka dipilih tipe gelagar rangka kotak. Untuk mencegah konsentrasi tegangan akibat beban siklis pada slab baja, konfigurasi *trough rib* dikembangkan untuk menghasilkan slab baja dengan kuat fatik tinggi.
- **Rasionalisasi Titik Panel dan Pengelasan Seluruh Bagian:** Adopsi sambungan rijid dengan cara pengelasan seluruh bagian titik panel rangka dan tidak dengan sambungan pin akan menghilangkan kebutuhan akan pelat sambung dan baut yang mana akan menghasilkan struktur tahan korosi dan lebih murah biaya perawatannya. Selain itu, tampilan yang simpel panel rangka yang rapih akan menambah nilai lansekap jembatan.
- **Tumpuan dengan Struktur Isolasi-seismik:** Untuk menahan gaya reaksi vertikal 80.000 kN pada tiap tumpuan dan untuk memberikan ketahanan seismik selama gempa bumi, diadopsi tumpuan isolasi-seismik geser dengan fungsi terpisah. Fungsi menahan beban

dan fungsi ketahanan seismik tumpuan dipisahkan, dan dua alat dipasang: tumpuan karet isolasi-seismik untuk menyerap beban horizontal yang terjadi selama gempa bumi, dan sebuah pelat penahan beban yang secara tetap menahan beban vertikal dan bergeser mengikuti perilaku tumpuan karet isolasi-seismik selama gempa bumi.

• **Pelapisan Tiang Baja dengan Baja Stainless:**

Untuk mengurangi biaya konstruksi, tiang baja pipa dermaga sementara yang digunakan selama konstruksi struktur bawah digunakan kembali untuk membentuk fender yang melindungi dermaga jembatan. Karena tiang baja ini digunakan sebagai fender lepas pantai maka akan terjadi korosi dan kerusakan akibat air laut. Untuk mengatasinya, tiang yang diinstalasi di zona basah dilapisi dengan baja *stainless* untuk memperpanjang usia layannya.

• **Sistim Monitoring Jembatan:** Karena perhatian penuh diberikan pada perawatan jembatan sejak awal konstruksi, maka diterapkan sistim monitoring untuk memastikan konsistensi antara disain dan kondisi terkini jembatan, mencatat karakteristik beban hidup dan mengukur kerusakan akumulatif jembatan. Secara khusus, alat ukur regangan, alat ukur deformasi dan akselerograf dipasang di dalam gelagar kotak untuk observasi nilai numerical konstan dan untuk mendapatkan data yang kondusif guna rencana perawatan di masa depan.

**Konstruksi Jembatan Tokyo Gate**

Konstruksi struktur pondasi dimulai pada bulan Oktober 2003. Sementara pekerjaan pondasi dan struktur bawah dilaksanakan di lokasi lepas pantai, dilakukan manufaktur struktur atas di pabrik di darat. Pada bulan September 2008, rangka struktur bawah (6.800 ton) yang telah dirakit di darat diinstalasi per blok. Rangka kemudian diangkat secara tandem ke atas dermaga jembatan dengan menggunakan tiga buah kapal derek 4.000 ton—yang merupakan operasi terbesar untuk jenis pekerjaan ini di Jepang (Foto 2).

Struktur atas kemudian diinstalasi bentang demi bentang hingga February 2011 ketika bentang tengah, yang merupakan potongan terakhir dalam operasi ini, selesai diinstalasi. Setelah pekerjaan pagar dan perkerasan, jembatan ini kemudian difungsikan pada bulan February 2011. (Lihat Foto 3).

Foto 1 Struktur komposit rangka-box Jembatan Tokyo Gate

Foto 2 Instalasi per blok struktur bawah 6.800 ton yang

dirakit di darat

Foto 3 Pencahayaan Jembatan Tokyo Gate, suatu pemandangan malam hari yang menakjubkan di pelabuhan Tokyo



**Hadiah Tesis MKBJ 2012**

(Halaman 5)

**Studi Perilaku Fraktur Las Electro-slag pada Model Perangkaan Balok-Kolom**

Pemenang Hadiah: YongHun Song, Kawagishi Bridge Works Co., Ltd.; Takumi Ishii dan Hiroumi Shimokawa, JFE Steel Corporation; Takahiko Suzuki dan Yoichi Kayamori, Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation; Yikihiro Harada, Universitas Chiba; dan Koji Morita, Universitas Tokyo Denki

Seiring dengan bertambahnya ketinggian struktur bangunan, bertambah pula kebutuhan akan kolom las terbangun (*built-up*) seksi-kotak. Dalam manufaktur kolom jenis ini digunakan pengelasan *electro-slag welding* (ESW) untuk sambungan las antara pelat kulit kolom dengan diafragma interior. Walaupun merupakan metode pengelasan yang paling efisien, metode ESW ini membutuhkan input panas yang besar. Akibatnya, ketahanan fraktur pada zona terpapar panas las ESW lebih rendah dari pada logam dasarnya sehingga dikhawatirkan akan terjadi fraktur getas (Gbr. 1). Lebih jauh, karena las yang digunakan menimbulkan bukaan antara pelat dinding kolom (*column skin plates*) dengan pelat belakang (*backing plates*), konsentrasi tegangan sangat tinggi pada ujung bukaan (Gbr. 2) sehingga sulit bagi detail las untuk mencegah terjadinya fraktur getas.

Dalam makalah ini, untuk menjelaskan kuat fraktur ikatan las, zona terpapar panas dan logam las ESW, ada beberapa faktor yang dipertimbangkan sehubungan dengan kualitas pengelasan (kedalaman penetrasi, ke-tidak sejajaran) dan disain (gaya tarik aksial kolom dan pelat dinding kolom) Bagaimana faktor-faktor ini mempengaruhi fraktur getas diperlihatkan melalui eksperimen dan analisis. Di samping itu, investigasi mutakhir dilakukan untuk menghubungkan kuat fraktur (ketahanan) dengan indeks kuat fraktur (persyaratan) berdasarkan hasil eksperimen dan analisis. Lebih khususnya, dengan berfokus pada tegangan principal

maksimum kritis, dapat diperoleh kedua korelasi: tegangan principal maksimum kritis yang diperoleh dari analisis elemen hingga versus kuat fraktur (Gbr. 3), dan kuat sambung dengan ESW yang diperoleh dari eksperimen versus kuat fraktur (Gbr. 4)

Gbr. 1 Contoh Moda Fraktur

Gbr. 2 Contoh Distribusi Tegangan Prinsipal dekat Ujung Buka

Gbr. 3 Korelasi antara Tegangan Prinsipal dengan Kuat Bahan

Gbr. 4 Korelasi antara Kuat Sambungan dengan Kuat Bahan

(Halaman 5)

## Kapasitas Deformasi Plastik Kolom Pipa Baja Sirkuler Cetak-Dingin dengan Pembebanan Siklis

Pemenang Hadiah: Nobuyuki Yasui, Profesor, Institut Ilmu Terapan Nagasaki

Tujuan utama studi ini adalah mengklarifikasi kapasitas deformasi plastis kolom pipa baja sirkuler, dimana kekuatannya terus berkurang akibat akumulasi deformasi tekuk setempat yang disebabkan oleh pembebanan siklis. Untuk itu, dilakukan analisis numerik pada kolom pipa baja sirkuler cetak dingin yang diberikan pembebanan siklis dengan amplitudo tertentu pada kondisi gaya aksial tertentu.

Analisis ini difokuskan pada kolom pipa baja sirkuler yang diberikan deformasi horizontal siklis dengan amplitudo tertentu dengan gaya aksial  $P$  (Gbr. 1), dan dalam hal ini diterapkan model analisis tekuk setempat asimetris yang diusulkan penulis. Hubungan antara momen ujung  $M$  dan sudut antar tingkat (*drift angle*)  $\theta$  seperti pada Gbr. 2 diperoleh dari hasil analisis, dan  $\Sigma\theta_{pM}$ , sudut akumulasi *drift angle* hingga titik dimana  $M$  masuk ke dalam momen plastis penuh  $M_{pc}$  dengan memasukkan nilai gaya aksial, kemudian ditetapkan sebagai kapasitas deformasi plastis dalam studi ini.

Gbr. 3 menunjukkan contoh hubungan antara  $\Sigma\theta_{pM}$ , akumulasi *drift angle* plastis dengan  $D/t$ , rasio lebar terhadap tebal pelat. Karena hubungan antara  $D/t$  dan  $\Sigma\theta_{pM}$  menunjukkan korelasi yang baik, maka hubungan antara  $D/t$  dan  $\Sigma\theta_{pM}$  untuk menentukan kapasitas deformasi plastis dicari dengan meregresi hasil analisis.

Lingkaran merah pada Gbr. 3 menunjukkan hasil eksperimen yang dilakukan untuk mengkonfirmasi validitas kurva regresi. Karena titik-titik hasil eksperimen yang diplot tersebar di sekitar kurva regresi, dapat dikatakan bahwa kapasitas deformasi plastis kolom pipa baja sirkuler dapat diperkirakan dengan menggunakan hubungan antara  $D/t$  dan  $\Sigma\theta_{pM}$  sebagaimana diusulkan dalam studi ini.

Gbr. 1 Target Analisis

Gbr. 2 Akumulasi Sudut Deformasi Plastik

Gbr. 3 Hubungan antara  $\Sigma\theta_{pM}$  dan  $D/t$

(Halaman 6)

## Efek Bentuk Las terhadap Terjadinya Retak Daktil dalam Las yang Dibebani Tekuk selama Gempa Bumi, dan Pengurangan Retak Daktil dengan Penyelesaian *Weld Toe*

Pemenang hadiah: Hiroshi Tamura, Assistant Prof., Universitas Tohoku; Eiichi Sasaki, Associate Prof., Institut Teknologi Tokyo; Songdong Kim; Hitoshi Yamada, Prof., Universitas Nasional Yokohama; dan Hiroshi Katsuchi, Prof., Universitas Nasional Yokohama

Pada struktur baja yang dibangun dengan banyak las, triaksialitas tegangan dan konsentrasi regangan banyak terjadi akibat diskontinuitas bentuk las yang memicu retak daktil pada *weld toe* karena deformasi tekuk pada las selama gempa bumi. Dalam hal tersebut, ada bahaya bahwa fraktur getas akan menjadi awal fraktur daktil (fraktur getas selama gempa bumi). Jenis fraktur getas terjadi di banyak bangunan baja selama Gempa Bumi Northridge dan Gempa Bumi Besar Hanshin yang menimbulkan masalah bagi masyarakat mengenai konstruksi struktur baja.

Dalam studi ini, untuk memastikan efek bentuk las terhadap timbulnya retak daktil pada *weld toes* dalam uji beban siklis, dilakukan analisis FEM pada specimen uji sambungan las silang melalui simulasi las struktur baja actual. Hasilnya, melalui eksperimen dapat ditunjukkan bahwa pada pembebanan siklis dengan bentuk las yang berbedamengakibatkan perbedaan timbulnya retak daktil Selanjutnya, setelah diperoleh hasil analisis FEM terhadap efek bentuk las, jelaslah bahwa efek radius *toe* lah yang paling nyata dibandingkan dengan *leg ratio*, *toe finishing* dan

pengaruh pengurangan ketebalan logam dasar. Dapat disimpulkan dari hasil di atas bahwa penggunaan *toe finishing* untuk menambah radius *toe* efektif untuk menekan berkembangnya retak daktil yang terjadi pada *weld toes*.

Gbr. 1 Spesimen Uji

Gbr. 2 Timbulnya dan Berkembangnya Retak dalam Eksperimen (Nilai-nilai dalam gambar menunjukkan radius *weld toe* dalam mm)

Gbr. 3 Distribusi Kedalaman Retak pada Titik Timbulnya Retak secara Analitis

■ ■ ■ ■ ■

### ***Fitur Khusus***

## **Teknologi Mutakhir Bangunan Tinggi di Jepang**

(Halaman 7)

### **Disain Gempa untuk Bangunan Tinggi**

oleh Akira Wada, Profesor Emeritus, Institut Teknologi Tokyo; Ketua Kelompok Kerja CTBUH

### **Perkembangan Rekayasa Gempa di Jepang**

Pada 1924, setahun setelah Gempa Bumi Besar Kanto, Profesor Toshikata Sano (1880-1956) menambahkan ke dalam peraturan Undang-Undang Bangunan Perkotaan bahwa faktor seismik horizontal harus ditentukan 0,1 atau lebih. Sepuluh tahun kemudian, Profesor Ryo Tanabashi (1907-1974) menulis dalam artikel yang diterbitkan pada Juli 1934 bahwa ketahanan seismik sebuah struktur tidak dapat dihitung hanya dengan memberikan kekuatan besar melawan gaya horisonal statis; Ia memastikan bahwa dampak seismik dapat dinyatakan dengan mengkuadratkan energi dengan kecepatan maksimum permukaan dan bahwa kapasitas tahanan sebuah struktur harus dihitung dengan menggunakan energi regangan yang diserap oleh struktur tersebut. Pada bulan Maret tahun yang sama, ia menyatakan perlunya dilakukan riset pada konstruksi bangunan super tinggi seperti di New York bahkan juga di Jepang yang rawan gempa bumi.

Setelah periode perang. Tanabashi menekankan dalam artikelnya yang diterbitkan pada bulan April 1963 bahwa konstruksi bangunan tinggi sangat

dimungkinkan dengan pertimbangan contoh berikut. Yaitu, karena gerakan seismik bekerja pada struktur kecil dan besar dengan amplitudo identik, maka benarlah bahwa pada saat gempa, sebuah struktur kecil akan bagaikan sebuah vas bunga yang jatuh, tetapi struktur bangunan tinggi yang besar tidak demikian, sekalipun kedua objeknya identik secara proporsional. Dengan kata lain, berkebalikan dengan perahu kecil, kapal besar akan sulit terbalik di laut ganas.

Sekitar waktu yang sama, Profesor Kiyoshi Muto (1903-1989) melakukan riset mengenai bangunan tinggi untuk Gedung Stasiun Tokyo. Sementara usahanya dalam hal ini tidak dihargai, Hotel New Otani selesai dibangun di Tokyo pada tahun 1964 dan menjadi bangunan dengan ketinggian melebihi 45 m. Pada tahun 1968, Gedung Mitsui-Kasumigaseki menjadi bangunan Jepang pertama dengan ketinggian melampaui 100 m. Pada tiap lantai kerangka gedung, dinding beton pracetak dilengkapi dengan banyak bukaan (*slit*) vertikal digunakan untuk menjamin kekakuan struktural awal dan sebagai elemen penyerap energi pada saat gempa bumi. Oleh karenanya, dapat dikatakan bahwa konsep struktur dengan kontrol pasif sudah diaplikasikan pada tahap awal konstruksi bangunan tinggi di Jepang.

### **Pengenalan Disain Gempa Mutakhir**

Memasuki tahun 1970-an kebanyakan bangunan tinggi dibangun dengan menerapkan metode disain gempa yang mengandalkan kapasitas rotasi plastis ujung balok kerangka baja untuk menghasilkan penyerapan energi. Akan tetapi, beberapa disainer struktur meyakini bahwa penggunaan disain di atas akan menghasilkan deformasi residual pada bangunan, dan dengan demikian mempersulit pekerjaan restorasi. Hasilnya, timbullah konsep disain kontrol-kerusakan (lihat gambar di bawah). Gempa Bumi Northridge pada bulan Januari 1994 dan Gempa Bumi Besar Hanshin pada bulan Januari 1995 menyebabkan fenomena fraktur pada ujung balok dan menimbulkan pertanyaan kelayakan restorasi bangunan rusak.

Di Jepang, setelah implementasi *Peraturan Baru Disain Gempa* pada bulan Juni 1981, banyak dilakukan riset mengenai struktur isolasi-seismik dan pada tahun 1995 dipraktekkan sebuah struktur isolasi-seismik yang memiliki elemen penyerap energi dengan tumpuan karet laminasi sebagai elemen pendukung elastis, dan peredam baja dan timah. Sejak itu, sebuah konsep lain telah semakin banyak diaplikasikan dimana kerangka balok-kolom sebuah bangunan tinggi menahan beban

vertikal dengan cara serupa dengan tumpuan karet laminasi pada struktur isolasi-seismik. Disain ini menghasilkan terutama perilaku elastis selama gempa bumi sehingga energi seismik diserap oleh elemen penyerap-energi yang berada pada rangka tiap lantai.

### **Peningkatan Ketahanan Gempa**

Di samping disain gempa yang disebut di atas, kemandirian gempa pada bangunan tinggi struktur baja terus ditingkatkan karena beberapa faktor: kekuatan produk baja yang lebih tinggi dan daktilitas yang cukup, adanya batas atas dan bawah untuk titik leleh, kemajuan dalam teknologi pengelasan dan penggunaan pelebaran (*haunches*) untuk mencegah proses plastis las ujung balok. Faktor kontribusi lainnya adalah utilisasi elemen kolom dengan kekakuan dan kekuatan yang mungkin dengan penggunaan kolom tubuler isi-beton yang dihasilkan dengan mengisi pipa baja kotak atau bulat dengan beton.

Di samping itu, kemajuan besar dalam teknologi analisis struktural dengan bantuan komputer memungkinkan penggunaan analisis respons dinamik untuk perilaku kolom, balok, dinding seismik dan berbagai peredam. Pada gilirannya, hal ini menggiring ke arah konstruksi bangunan tinggi dengan perangkaan yang kompleks dan bangunan super-tinggi dengan tinggi mencapai 300 m.

Gempa Bumi Besar Jepang Timur yang terjadi pada tanggal 31 Maret 2011 menghasilkan amplitudo besar dan getaran durasi panjang tidak hanya pada bangunan tinggi di Sendai dekat epicentrum tetapi juga di Tokyo, Osaka dan Nagoya. Gerakan tanah pada gempa bumi terrekam dalam bentuk percepatan dan analisa respon untuk disain gempa dilakukan dengan memasukkan gerakan seismik yang terrekam. Akan tetapi, karena akselerasi komponen periode-panjang yang ada pada gerakan tanah lebih rendah dibandingkan komponen periode-pendek, ada beberapa masalah vis-à-vis terjadinya vibrasi besar diluar dugaan pada bangunan yang terletak di area tersebut di atas karena dua alasan: 1) gerakan seismik tidak tercantum dengan benar dalam perekaman akselerasi yang diterapkan pada disain konvensional dan 2) struktur yang mengalami gerakan gempa jangka-panjang selama 4 detik atau lebih dan memiliki kapasitas peredaman yang terbatas tidak dapat mencapai tingkat dimana terjadi sinkronisasi getaran akibat akselerasi komponen jangka-panjang hanya dalam waktu 30 detik dalam durasi gerakan gempa yang umum dipakai dalam penghitungan respons. Untuk itu, penting untuk

memperhitungkan elemen penyerap energi seismik ke dalam bangunan tinggi eksisting.

Gbr. 1 Struktur Kontrol-Kerusakan

(Halaman 8)

## **Disain Tahan-Angin untuk Bangunan Tinggi**

oleh Yukio Tamura, Profesor, Universitas Politeknik Tokyo; Anggota Kelompok Kerja CTBUH

### **Catatan Penting untuk Disain Tahan Angin untuk Bangunan Tinggi di Jepang**

Di Jepang, gempa sangat kuat seperti gempa bumi lepas pantai PasifikTohoku tahun 2011 pada tanggal 11 Maret 2011 (kekuatan 9,0, akselerasi permukaan maksimum tercatat  $2,933 \text{ cm/s}^2$ ) perlu dipertimbangkan. Jepang juga mempunyai topan yang sangat kuat, seperti Topan Maemi yang melewati Pulau Miyakojima pada tanggal 10 dan 11 September 2003 dan tercatat kecepatan angin 3 detik dengan kecepatan di atas 90 m/s (Cao et al., 2009).

Untuk gaya gempa, bangunan harus ringan dan fleksibel, tapi untuk gaya angin, bangunan harus masif dan rijid. Oleh karena itu, untuk bangunan dengan gaya gempa dan angin diterapkan kriteria disain yang berlawanan. Di Jepang harus digunakan tingkat gaya gempa dan gaya angin yang sangat tinggi.

Umumnya, beban disain eksternal yang dominan diterapkan kebanyakan untuk bangunan tinggi yang lebih rendah dari 200 m. Oleh karena itu, biasanya ringan dan fleksibel sehingga rawan terhadap angin. Selain itu, keterbiasaan terhadap vibrasi gedung akibat angin harian tidak dapat dipungkiri sebagai isu penting di Jepang.

Sejak awal 70an, perkembangan signifikan di Jepang terjadi tidak hanya dalam hal kinerja struktural terhadap gaya luar, tetapi juga sebagai evaluasi keterbiasaan terhadap getaran gedung dan kajian lingkungan angin. Untuk berbagai aspek disain ketahanan angin, penting untuk menekan respon yang timbul akibat angin.

### **Studi Komprehensif Karakteristik Aerodinamika Bangunan Tinggi dengan Konfigurasi Tidak Konvensional**

Untuk bangunan tinggi atau super-tinggi, respons angin silang akibat pelepasan berkala Karman vortex mengalahkan respon angin sejajar maupun torsional.

Oleh karenanya, peralatan aerodinamik untuk mencegah pembentukan vortex Karman, untuk mengurangi intensitas dan periode, dan untuk meminimalkan korelasi spasial dari pelepasan vortex sepanjang sumbu vertikal sangatlah berguna. Belakangan ini, banyak bangunan tinggi dan super tinggi di dunia dibangun dengan konfigurasi non konvensional, seperti Burj Khalifa dan Menara Shanghai. Alasan konfigurasi yang rumit dan mengundang pertanyaan adalah karakteristik aerodinamik yang menguntungkan, khususnya untuk komponen angin silang.

Penulis berkolaborasi dengan Takenaka Corporation, Kajima Corporation, Nikken Sekkei dan Nihon Sekkei untuk menyelidiki secara komprehensif karakteristik aerodinamika model bangunan super tinggi dengan konfigurasi tidak konvensional. Pekerjaan ini didukung secara finansial oleh Kementerian Pertanahan dan Infrastruktur, Transport dan Pariwisata (TF2008 – TF2009, KPITP) dan Badan Sains dan Teknologi Jepang (TF2010-TF2012, BSTJ). Tiga puluh tujuh model termasuk model kotak dengan tepi tajam dengan potongan sudut dan dengan talang sudut; model dengan sudut puntir (model heliks), dengan *setback*, dengan *taper* dan dengan berbagai bukaan; dan model segitiga termasuk tipe semanggi, tipe komposit, dan lainnya. Ketinggian dan volume ditetapkan masing-masing 400 m dan  $10^6 \text{ m}^2$  untuk semua model.

Berdasarkan study kami, karakteristik aerodinamika model segitiga dan model tipe semanggi, yang belakangan ini menjadi populer untuk bangunan super tinggi, tidak selalu baik. Gbr. 1 menunjukkan efisiensi gaya angin fluktuasi angin silang untuk 28 model, kecuali untuk segitiga dan beberapa model lainnya. “Model Kotak” ditunjukkan di sebelah kiri Gbr. 1. Efisiensi modifikasi sudut, sudut punter untuk model heliks, *taper*, *setback* dan kombinasi konfigurasi ini terlihat jelas. Efek kombinasi biasanya signifikan untuk mengurangi gaya angin silang.

Gbr. 1 Perbandingan Koefisien Gaya Angin untuk 28 Model

(Halaman 9~10)

## **Osaki Kota Sony —Transpirasi Jalusi dan Struktur Variabel *Seismik-isolated*—**

Oleh Toshihiko Kohno, Nikken Sekkei Ltd.

Untuk menangani masalah yang timbul yang dihadapi oleh “*urban heat islands*,” proyek Kota Sony Osaki didasarkan pada ide “membangun sebuah bangunan seolah-olah menanam sebuah pohon.” Di samping itu, perencanaan bangunan dimulai dengan kesadaran akan pertanyaan berikut: Penanganan lingkungan mutakhir yang seperti apa yang dapat digunakan oleh proyek pembangunan skala besar demikian yang menimbulkan beban lingkungan yang besar?

### **Pertimbangan Penuh akan Isu Lingkungan**

Dengan tujuan menahan agar angin tidak bertiup ke dalam, bangunan ini dibuat dengan bentuk bidang vertikal datar (Foto 1) dan dilengkapi dengan lansekap hijau di area sekitarnya. Bangunan ini juga mencoba sistem ‘kulit bio’ yang baru-baru ini dikembangkan pada bagian timur bangunan. Dalam sistem ini, air hujan disirkulasi di dalam transpirasi terakota dengan jalusi untuk memungkinkan penguapan dengan panas dari udara dan banyaknya angin yang masuk ke gedung sehingga terjadi pendinginan area sekeliling gedung (Foto 2). Tenaga yang dibutuhkan untuk sirkulasi air hujan dihasilkan dari panel surya.

Pengukuran aktual menunjukkan bahwa temperatur periferi ambient menurun hampir seperti yang diramalkan dengan simulasi yang dilakukan pada tahap disain dengan pemodelan informasi bangunan (PIB). Kulit bio didukung oleh struktur tarik dengan menggunakan batang baja *stainless*. Gaya tarik yang diberikan dengan merotasi mur dipastikan dengan pengukuran getaran.

Foto 1 Tampak keseluruhan Osaki Kota Sony

Foto 2 Sistem “kulit bio” dimana air hujan disirkulasi di dalam transpirasi jalusi terakota untuk mendinginkan area sekitar bangunan

### **Garis Besar Denah Bangunan**

Bentuk rata bidang vertikal bangunan merupakan pilihan yang tak terelakkan dilihat dari perspektif lingkungan. Oleh karenanya, bangunan ini dirancang sebagai struktur inti tunggal dimana terdapat lantai kantor seluas 24 m x 130 m pada sisi timur dan EV, tangga, kamar mandi dan perlengkapan lainnya di sisi barat. Masing-masing ruang kerja memiliki luas sekitar 3.000  $\text{m}^2$  dan bebas kolom karena menggunakan kerangka eksternal. Balkon di keliling gedung menambah kinerja perawantan dan keselamatan evakuasi kebakaran. (Lihat Gbr. 1 dan Foto 3)

Fasilitas untuk berbagai fungsi sepanjang inti sisi barat ditempatkan sesuai kebutuhan, dan lima inti rongga dibiarkan kosong untuk memungkinkan perubahan fungsi di masa depan. Disediakan ruang di bawah permukaan tanah untuk tanki penyimpanan panas seberat 3.400 ton dan untuk baterai sodium-sulfur (NAS) untuk keadaan darurat dan untuk penghematan energi.

Gbr. 1 Denah dan Pembagian Lantai  
Foto 3 Ruang Kerja bebas kolom yang luas

### Sistim Isolasi Seismik

Tema besar struktur proyek ini adalah menjamin ketahanan gempa yang lebih baik dengan menerapkan peralatan isolasi-gempa untuk bangunan kantor dengan bentuk bidang vertikal tipis dengan ketinggian lebih dari 130 m (Foto 4). Ketahanan gempa bangunan selama gempa bumi mencapai dua kali bangunan tanpa isolasi-gempa (perkiraan sudut antar tingkat 1/200 dan akselerasi respons lantai 250 cm/s<sup>2</sup> atau kurang). Sistim isolasi gempa variable yang diadopsi terdiri dari isolator karet dengan laminasi karet alam (spesifikasi daya dukung tinggi 1,100~1,500  $\phi$  mm, peredam minyak dan peredam baja.

Karena bentuk vertikal rata struktur baja gedung ini, diantisipasi bahwa beban angin topan akan lebih besar dibanding beban gempa setelah direduksi dengan adanya sistim isolasi gempa. Peredam baja yang dipasang pada sisi sempit gedung yang menerima beban angin besar dipasang dengan mekanisme kunci untuk mengontrol pergerakan minyak dengan menggunakan katup elektromagnetik (Foto 5). Peredam minyak dikontrol dengan anemometer, akselerometer dan pengukur pergeseran untuk mitigasi getaran lapisan isolasi gempa dan plastisitas akumulasi peredam baja selama angin kencang. Dalam bangunan ini diadopsi kontrol pengutamaan gerakan seismik sehingga sistim penguncian dilepas pada saat terdeteksi adanya gerakan gempa. Kombinasi penggunaan peredam minyak dan peredam baja efektif untuk menjamin rijiditas struktur ketika gerakan minyak dikunci dan merupakan solusi biaya rendah dan kinerja tinggi.

Balok pada inti sisi kanan menopang kantilever lebih dari 7 m dan mengurangi gaya aksial kolom tengah sehingga tidak memberikan tegangan berlebih pada isolator berdiameter  $\phi$  1.500 mm yang mendukung kolom tengah. Bagian atas balok kantilever dengan panjang lebih dari 7 m disambung dengan pasak ke material viskos sehingga mengurangi

getaran vertikal dan pergeseran relative. Di samping itu, penanganan getaran lainnya sudah dilakukan pada berbagai level: kapasitas peredaman dengan menginstalasi batang viskos-elastis bentuk-V pada muka vertikal pendek (Foto 6) dan penanganan getaran mikro di lantai lima.

Foto 4 Konstruksi lantai isolasi gempa  
Foto 5 Peredam minyak dipasang dengan mekanisme untuk mengontrol gerakan minyak  
Foto 6 Peredam visco-elastis bentuk-V untuk mengontrol getaran



Proyek Osaki Kota Sony menerapkan pendekatan konstruksi bangunan tinggi yang paling mutakhir yang pernah diusulkan dan dilaksanakan—termasuk sistim isolasi-seismik dengan mekanisme variable dan suatu metode lingkungan untuk mendinginkan sekitar gedung. (Lihat Foto 7 dan 8)

Foto 7-8 proyek Osaki Kota Sony didasarkan pada pemikiran “membangun gedung seperti menanam pohon” untuk menerapkan perlakuan pada persoalan yang timbul pada “urban heat island”

(Halaman 11~12)

## **ABENO HARUKAS** **— Disain Berbasis Kinerja Bangunan Tertinggi Jepang—** oleh Kiyooki Hirakawa, Takenaka Corporation

Artikel ini memperkenalkan contoh spesifik bagaimana disain berbasis kinerja diterapkan dalam keseluruhan disain struktural ABENO HARUKAS, gedung tertinggi (300 m) di Jepang, negara yang sering terancam gempa bumi.

### **Garis Besar Rencana Gedung**

Tujuan utama ABENO HARUKAS, proyek bangunan tinggi yang sedang dikerjakan, adalah untuk membangun ulang sebuah toserba di dekat terminal jalan rel yang melayani Abeno, Osaka. Rencana ini juga termasuk pekerjaan retrofit bagian yang tersisa dari toserba ini, yang dikenal sebagai gedung utama berlokasi di atas terminal jalan rel. Menaranya terdiri dari 60 lantai di atas muka tanah dan lima level *basement*. Lantai bawah tanah terdiri dari ruang peralatan/mesin dan terhubung ke kereta dan

perparkiran; bagian rendah difungsikan untuk toserba; bagian menengah untuk museum seni, berbagai lobby dan ruang kantor; dan bagian tinggi untuk hotel dan observatory. Ruang peralatan/mesin terletak pada lantai rangka. (Lihat Gbr. 1 dan Foto 1)

Gbr. 1 Seksi Timur-Barat  
Foto 1 Situasi konstruksi terakhir (tampak utara-barat)

### Garis Besar Rencana

Ada lima isu besar yang harus dipecahkan dalam disain bangunan ini:

- Konstruksi sebuah rangka yang dapat menahan gaya aksial yang besar
- Rancangan denah rangka untuk menekan deformasi
- Ketangapan dalam memperkirakan guncangan gempa skala besar
- Jaminan kenyamanan sekalipun ada angin kencang
- Pengenalan teknologi yang mempertimbangkan efisiensi konstruksi

Rencana struktur yang dibuat untuk menangani isu diatas secara garis besar adalah sebagai berikut:

Denah lantai tiap bagian hampir seragam dimana bagian bawah tanah dan bagian rendah berukuran 71 m x 80 m, dan bagian menengah sekitar 71 m x 59 m, dan bagian tinggi 71 m x 29 m. Potongan melintang vertikal menunjukkan bahwa sisi utara bertanggung sehingga sisi selatan gedung lurus dari atas ke bawah (Gbr. 2). Lantai rangka berlokasi antara bagian rendah dan menengah dan antara bagian menengah dan tinggi; dan selanjutnya, bresing diposisikan di ruang kantor lantai tengah untuk memperoleh efek tekuk terbalik.

Pada bagian rendah, peredam minyak viskos dan peredam gesekan rotasi tipe histeresis ditempatkan di keempat sudut secara seimbang. Di sekitar inti pusat bagian tinggi dinding seismik pelat baja gelombang diletakkan sepanjang arah X dan bresing rangka baja pada arah Y. Pada bagian tinggi diadopsi rangka rijid pada arah X; dan arah Y, dan bresing seismik rangka baja ditempatkan di dalam dinding pembatas ruang hotel. (Gbr. 2)

Gbr.2 Daftar Teknologi yang Digunakan

### Ragam Tipe Disain Gempa

Disain gempa bangunan ini memasukkan tiga kategori input guncangan gempa, seperti dalam Tabel 1. Kategori pertama menunjukkan nilai untuk gelombang yang digunakan secara resmi dan gelombang standar

yang dipakai secara konvensional; nilai pada kategori kedua mewakili level guncangan gempa maksimum (untuk memeriksa yang diperoleh dengan mengali guncangan gempa Level 2 dengan 1,5; dan kategori ke tiga, yang memperhitungkan karakteristik lokal, menunjukkan gelombang guncangan gempa yang dikaitkan dengan Gempa Bumi Tonankai dan Gempa Bumi Nankai dan Patahan Uemachi.

Sebagaimana ditunjukkan pada kriteria disain gempa di Tabel 2, kriteria yang digunakan untuk bangunan ini merupakan peningkatan dari kriteria disain untuk elemen struktur yang digunakan untuk bangunan tinggi biasa. Secara khusus, elemen-elemen ini tidak memungkinkan terjadi plastisasi dalam merespon gerakan seismik Level 2, tetapi untuk merespon gempa bumi dalam rentang studi dimungkinkan plastisasi gelagar dan bresing. Dinding gempa pelat baja gelombang yang digunakan sebagai elemen kontrol respons memungkinkan leleh geser sebagai respons terhadap gerakan gempa Level 2, dan peredam gesekan memungkinkan rotasi gelincir sebagai respons terhadap gerakan gempa Level 1. Keduanya bersama-sama bertindak sebagai element kontrol respons.

Untuk mencegah berlebihan, tidak saja dilakukan input skala dan jenis gempa yang lebih besar, tetapi juga dilakukan studi mengenai karakteristik di bawah ini:

- Efek input simulasi gempa diperiksa di beberapa titik perhitungan di atas garis patahan Uemachi dan dekat dengan lokasi konstruksi, serta juga di titik-titik perhitungan lainnya.
- Analisis respons gempa dilakukan dengan menjadikan periode dominan gerakan gempa sepanjang garis patahan Uemachi (disiapkan sebagai gelombang setempat) mendekati periode alami primer, sekunder dan tersier pada bangunan gedung untuk kemudian diperiksa efeknya.
- Selanjutnya, analisis respon gempa dibuat untuk situasi dengan asumsi bahwa elemen kontrol-respons—dinding gempa pelat baja gelombang, peredam minyak dan peredam gesek rotasi—ditempatkan pada di berbagai area struktur yang tidak memiliki kapasitas peredaman yang digunakan dalam tahap disain.

Tabel 1 Input Gerakan Gempa yang dipakai

Tabel 2 Kriteria Disain

### Aplikasi Teknologi Struktur Baru

### • Kolom CFT Menggunakan Bahan Mutu tinggi

Untuk menahan gaya aksial tinggi, digunakan kolom pipa baja isi beton/ *concrete-filled steel tube* (CFT) dengan beton mutu tinggi Fc150 dan baja mutu tinggi 590 N/mm<sup>2</sup> (kuat leleh 440 N/mm<sup>2</sup>, kuat standar 590 N/mm<sup>2</sup>). Kinerja kolom CFT ditentukan tidak hanya dengan cara uji kinerja struktural tetapi juga uji tahan api dan uji pengisian beton (Foto 2).

Foto 2 Uji penentuan kapasitas pengisian

### • Sistem Penyambungan Baru

Sistem diafragma luar jenis pemilahan (Gbr. 3)<sup>1)</sup> digunakan dengan pertimbangan kinerja pengisian beton kolom CFT dan efisiensi kerja pabrik pembuatan kolom CFT. Dalam penyambungan gelagar dengan kolom CFT, dipakai sistem penyambungan baru yang menggunakan aluminium semprot untuk meningkatkan koefisien gelincir dari 0,5 menjadi 0,70 (Gbr.4)<sup>2)</sup>, sehingga mengurangi kebutuhan tenaga pekerja untuk penyambungan dan mengurangi waktu pengerjaan. Juga terlihat bahwa sambungan tersebut menunjukkan kinerja yang stabil hal basah pada permukaan sambungan friksi dan dalam hal kecacatan, noda minyak dan ketidak-sempurnaan penyambungan (Gbr. 4 dan Foto 3).

Gbr. 3 Diafragma jenis pemilahan

Gbr. 4 Penyambungan dengan Penyemprotan Aluminium

Foto 3 Contoh ketidak-sempurnaan penyambungan (basah, cacat)

### • Peredam Kontrol-respons

Pada bagian rendah bangunan, peredam minyak yang tergantung kecepatan dan peredam friksi rotasi yang tergantung pada deformasi diinstalasi sedemikian sehingga peredaman menjadi efektif terlepas dari waktu terjadinya gempa.

Pada peredam gesek rotasi (Foto 4), sebuah bantalan gesek disisipkan di antara dua lembar baja dan kemudian dikencangkan dengan baut untuk menghasilkan gaya gesek yang ditentukan untuk menyerap energi gempa. Kelebihan peredam ini adalah mekanisme yang sederhana dan menggunakan gesekan sebagai gaya peredam, sehingga dapat menghasilkan gaya gesek yang ditentukan dengan menambah jumlah bantalan tanpa perlu memperimbangkan rigititas bresing.

Pada bagian bangunan dengan ketinggian menengah,

dinding pelat baja gelombang digunakan di dinding hall EV yang berada pada arah memanjang gedung. Dinding-dinding ini merupakan elemen tahan-gempa dengan bentuk gelombang horizontal dari atas ke bawah dan pelat flens peripheral terintegrasi dengan rangka (Foto 5). Karena dapat mengembang dan menyusut bebas secara vertikal, dinding-dinding ini menahan gaya angin silang seperti gaya horizontal yang dihasilkan dalam sebuah gempa bumi. Dan, element miring diatur selaras berfungsi sebagai pengaku pelat rusuk yang menahan tekuk, dan karena dimungkinkan titik leleh pada  $R=3/1.000$  rad, dan kapasitas deformasi plastis yang tinggi pada  $R = 30/1.000$  rad (Gbr. 5), elemen-elemen tersebut menyerap energi gempa dengan efektif.

Pada bagian tinggi bangunan, rangka vertikal menurun dari rangka atap ke arah atrium (Gbr. 6) dan peredam minyak diinstalasi antara rangka menurun dan kerangka keliling, dan dengan demikian mengurangi sudut antar lantai (*drift angle*) pada bagian tinggi hingga 10%.

Sebuah *active tuned mass damper* (ATMD) diinstalasi di atap bangunan (Gbr. 7). Di bawahnya pada sisi barat bangunan dimana terdapat ruang-ruang hotel, periode peredam disinkronisasi dengan periode bangunan melalui penggunaan gabungan pendulum gantung konvensional dan pendulum terbalik untuk menekan akselerasi yang diakibatkan oleh angin keras sampai sekitar 3 gal. Hasilnya, dicapai tingkat kenyamanan H-30, yang berarti sekitar 30% penghuni dapat merasakan getaran<sup>3)</sup>.

Foto 4 Tampak depan peredam friksi rotasi

Foto 5 Dinding pelat baja gelombang

Gbr. 5 Hubungan antara Gaya Geser dan Sudut Deformasi Geser Pelat Baja Gelombang

Gbr. 6 Petunjuk Peredam

Gbr. 7 Lokasi ATDM



Dengan melakukan berbagai studi, dan tidak hanya studi dari satu perspektif, dalam mendisain bangunan ini dan dengan mengembangkan teknologi yang ada, kami mampu menghasilkan disain berbasis kinerja, ABENO HARUKAS. *Grand opening* poyek ini dijadwalkan musim semi 2014.

(Catatan: Teks diatas sudah dipersingkat mengingat batasan halaman untuk versi Bahasa Inggris, sehingga

nomor fot, gambar dan tabel dalam teks ini berbeda dengan yang ada di versi Bahasa Inggris.)

(Halaman 13~14)

## **ARK Hills Sengokuyama Mori Tower — ARK Teknologi Bangunan dan Keselamatan Tinggi—**

oleh Toru Tuchihashi dan Masaharu Yasuda, Mori Building Co., Ltd.; dan Masayuki Yamanaka, Shokichi Atozeki dan Shuichi Otaka, Obayashi Corporation

ARK Hills Sengokuyama Mori Tower merepresentasikan suatu elemen dari Proyek Pengembangan Perkotaan Distrik Toranomon-Roppongi di Tokyo. Proyek pengembangan menara ini meliputi luas 2,0 ha dan diselesaikan pada bulan Agustus 2012. Disekeliling area pengembangan terdapat beberapa kedutaan dan hotel yang menunjukkan peran penting daerah tersebut sebagai pusat internasional dan budaya yang penting di Tokyo.

Kompleks dengan 47 lantai ini berdiri di tanah tinggi dan terdiri dari seksi komersial dan residensial (lantai 1-24) dan sebuah seksi perkantoran (lantai 25-47). Sebuah gedung pemukiman 7 lantai terpisah (struktur isolasi gempa) direncanakan akan didirikan di sisi selatan kompleks. (Lihat Foto 1 dan Tabel 1)

Foto 1 Tampak panoramik ARK Hills Sengokuyama Mori Tower

Tabel 1 Garis Besar Gedung

### **Garis Besar Tipe dan Disain Struktur**

Perangkaan beton bertulang rigid diadopsi untuk struktur bangunan ini. Denah lantai standar berukuran 50,4 m x 50,4 m (bentang 7,2 m x 7). Untuk lantai perkantoran tinggi, perangkaan gelagar baja dengan panjang 2~3 bentang diadopsi untuk menghasilkan ruang-ruang lebar yang bebas kolom (Gbr. 1). Di tengah bagian inti tengah, dipasang dinding kontrol respons viskos dan dinding kontrol respons hysteresis (peredam rem) (Foto 2).

Bahan struktur utama adalah beton mutu tinggi (max  $f_c 120 \text{ N/mm}^2$ ) dan batang tulangan baja mutu tinggi ( $\sigma_y 685,785 \text{ N/mm}^2$ ). Tipe pondasinya adalah pondasi sebar yang terdiri dari slab tebal 4.5 m, dan diinstalasi di atas lapisan pendukung tanah berpasir (daya dukung tanah jangka panjang:  $100 \text{ t/m}^2$  atau lebih). Target kinerja struktural bangunan ini dan hasil

uji terkait ditunjukkan pada Table 2.

Gbr. 1 Denah Lantai Standar untuk Lantai Perkantoran  
Foto 2 Dinding kontrol respons viskos dan dinding kontrol respons hysteresis (peredam rem)

Tabel 2 Target Kinerja Struktural dan Hasil Uji Terkait

### **Metode Pracetak**

#### **• Metode LRV**

Dalam metode LRV (*left right vertical*) (pracetak instalasi vertikal kiri kanan), digunakan elemen pracetak sambungan balok parsial. Terdapat dua jenis elemen pracetak: elemen pracetak sambungan balok integrasi (balok LR) dimana moda utama penulangan kolom adalah menembus lubang yang dibuat dengan selubung pipa, dan kolom pracetak (kolom V) dimana sambungan mekanis isi mortar (sambungan sleeve) dibangun ke kepala kolom dan batang tulangan menjorok dari dasar melalui lubang penetrasi di balok ke arah kepala kolom. Mortar digunakan untuk mengisi sambungan antara elemen pracetak, lubang penetrasi penulangan utama an sambungan balok LR - kolom V sehingga bagian-bagian tersebut terintegrasi menjadi struktur perangkaan. (Gbr. 1 dan Foto 3)

#### **• Metode LRV-H**

Dalam metode LRV-H (pracetak instalasi vertikal kiri kanan), digunakan dua jenis elemen: elemen kolom pracetak (kolom H) yang mengintegrasikan kolom dan sambungan menjadi struktur tunggal dengan kekuatan penuh dan dengan ketinggian lantai, dan elemen balok pracetak (balok H) yang menggunakan ketinggian web sebagai sebuah member. Pada elemen kolom, lubang penetrasi untuk penulangan primer tersebar horizontal. Sebuah *sleeve joint* dipasang dekat ujung balok yang bersilang, dan batang tulangan primer menjulur ke ujung balok pracetak di sisi lain kolom berlapis. Batang tulangan balok masuk ke dalam lubang penetrasi tulangan yang terdapat di kolom dan disisipkan ke dalam *sleeve* di ujung balok di sisi lain. (Gbr. 2)

Gbr. 2 Ikhtisar Metode LRV dan Metode LRV-H

Foto 3 Kolom V dan balok LR yang digunakan dalam metode LRV

### **Struktur Hibrida (Struktur Beton Bertulang-Balok Baja)**

Untuk mendapatkan ruang bebas-kolom di lantai perkantoran, digunakan gelagar baja untuk seksi bentang panjang, dan digunakan metode

penyambungan dimana gelagar baja dibungkus dengan beton (Gbr. 3). Dalam tahap disain, dilakukan uji kinerja struktur hibrida dan hasilnya digunakan dalam disain

Posisi leleh balok ditetapkan di dalam kerangka baja, sehingga rangka tetap kuat bahkan setelah leleh.

Gbr. 3 Struktur Hibrida Parsial Gelagar Baja-Beton Bertulang

### **Peredam Rem**

Peredam rem memiliki struktur seperti rem cakram. Energi getaran bangunan dikonversi menjadi panas gesekan akibat gelincir peredam ketika diberi beban tertentu sehingga respons dan kerusakan bangunan dapat dimitigasi. Sistem peredam rem dapat digunakan berulang kali dan tidak membutuhkan perawatan. (Gbr. 4)

Gbr. 4 Komposisi Dasar Peredam Rem

(Halaman 15~16)

## **Proyek Jalan Lingkar No. 2 — Bangunan Super Tinggi di Jalan Raya Perkotaan—**

oleh Hiroshi Takahashi, Nihon Sekkei, Inc.

“Jalan Lingkar No. 2 –Proyek Pembangunan Kembali Shimbashi/Toranomon, Zone III” adalah proyek pembangunan ulang perkotaan skala besar yang diusulkan untuk area Toranomon di Tokyo. Fitur yang perlu dicatat dari proyek ini adalah bahwa Jalan Lingkar No. 2 yang direncanakan akan menyilang dari timur ke barat melalui lokasi pembangunan dan melalui bawah sebuah bangunan super tinggi yang dalam penyelesaian dengan ketinggian 274 m. (Lihat Gbr. 1 dan 2)

Bangunan yang direncanakan akan didirikan pada lokasi sekitar 17.000 m<sup>2</sup>, akan memiliki 52 lantai di atas permukaan tanah dan lima di bawah tanah, dan akan memiliki luas keseluruhan sekitar 244.000 m<sup>2</sup>. Sebagai bangunan berragam penggunaan, area parkir menghabiskan semua lantai bawah tanah, pertokoan dan fasilitas konferensi menggunakan lantai bawah 1 sampai 5 dan kantor menggunakan lantai 6 sampai 5 pada ketinggian menengah. Di luar itu, lantai 36 sepenuhnya disiapkan untuk sebuah rangka ruang untuk pengaturan lain berbagai kolom di lantai 37

atau lebih. Pada bagian yang tinggi terdapat fasilitas hunian di lantai 37 hingga 46, dan juga terdapat sebuah hotel yang menempati lantai 47 ke atas.

Hampir semua zona pembangunan ulang ditempati oleh bangunan super tinggi dan seksi bawah tanah dengan sebuah terowongan untuk dilalui oleh for Jalan Lingkar No. 2. Sebuah bangunan komersial 3-tingkat berada di lokasi, dan sebuah jurai lisplang yang menjorok dari lantai 2 bangunan tinggi menaungi plaza disamping bangunan tinggi.

Gbr. 1 Gambar Perspektif Proyek Jalan Lingkar No. 2

Gbr. 3 Pengaturan Berbagai Struktur

### **Garis Besar Struktur Bangunan**

Bagian di atas tanah dari bangunan super tinggi ini terutama berupa struktur rangka baja rijid (menggunakan kolom pipa isi beton) dengan alat kontrol respons yang terpasang, dan bangunan komersial serta jurai talang juga struktur rangka baja. Bagian bawah tanah merupakan struktur campuran dari rangka baja, beton bertulang-rangka baja, dan beton bertulang. Struktur podium (permukaan artificial) pada terowongan Jalan Lingkar terdiri dari slab pracetak dengan ketebalan 1 m.

Sementara itu untuk konstruksi pondasi, karena metode konstruksi terbalik diadopsi untuk mengurangi waktu konstruksi, digunakan tiang pancang cetak-di-tempat untuk membentuk pondasi rakit tiang pancang dimana tiang pancang dan pondasi-sebar menahan beban sesuai dengan rijiditasnya.

### **Struktur Kontrol Respons**

Bentuk struktur kontrol respons dipilih untuk bagian di atas permukaan tanah dari bangunan tinggi, yang memiliki bentuk datar 85 m x 61 m, dan alat respons kontrol ditempatkan pada berbagai tempat di inti tengah. Untuk menciptakan sebuah mega-rangka yang dapat secara efektif menekan deformasi lentur keseluruhan bangunan, keseluruhan struktur—dari lantai pertama hingga rangka pengubah-struktur hingga bagian pengubah-struktur pada lantai 51 yang menggunakan kombinasi atap miring dan puncak atap berganti untuk membentuk kerangka atap

yang berbeda—dihubungkan dengan menggunakan alat kontrol-respons (Gbr. 3).

Kombinasi dari tiga macam alat kontrol-respons digunakan: peredam minyak (516), bresing penahan tekuk (448) dan peredam friksi (620). Sebuah mekanisme kontrol-respons yang mengandalkan kombinasi ini dapat berhasil memberikan tahanan gempa yang tinggi dengan mengurangi sudut antar-tingkat (*drift angle*) antar lantai selama gempa bumi hingga berkurang 1.5 kali dibandingkan pada bangunan tinggi biasa. (Lihat Gbr. 4)

Gbr. 3 Perangkaian Lantai untuk Lantai Standar  
Gbr. 4 Pengaturan Alat Kontrol Respons dan Rangka Pengubah-Struktur

### **Sambungan untuk Seksi Kolom Miring Bersilang**

Sistem kolom miring diadopsi untuk sudut barat laut, barat daya dan tenggara bangunan untuk beberapa alasan: kolom tidak dapat diposisikan di atas area yang meliputi Jalan Lingkar No. 2; dan sudut-sudut bangunan harus diselesaikan dengan sudut tajam untuk tujuan estetika. Dari lantai ke 8 hingga 13, dua kolom miring pada tiap lantai atas berpotongan dan bergabung untuk membentuk sebuah kolom tunggal pada lantai dibawahnya. Sambungan baja cetak yang masing-masing sekitar 20 ton digunakan pada titik dimana kedua kolom berpotongan sehingga tegangan yang dibawa oleh bagian atas kedua kolom dapat dilanjutkan ke kolom tunggal di bawahnya. (Foto 10)

Foto 1 Sambungan baja cetak untuk seksi kolom keliling miring bersilang

### **Penanggulangan Getaran Jalan**

Jalan Lingkar No. 2 yang berada di bawah tanah berlanjut ke terowongan bawah tanah yang dibangun di luar lokasi pembangunan di sisi sebelah timur gedung di tingkat kedua *basement* kemudian muncul di sisi barat lokasi. Jalan ini melalui struktur gorong-gorong bentuk terowongan yang dibangun terpisah dari struktur gedung. Agar getaran lalu lintas tidak mempengaruhi gedung, struktur gedung diinsulasi dari struktur gorong-gorong dengan melapisinya dengan bahan peredam-getaran (polyurethane elastomer) antara

bagian bawah dasar gorong-gorong dengan struktur gedung. (Gbr. 5)

Gbr. 5 Struktur Gorong-Gorong Jalan dan Struktur Bawah Tanah Gedung

### **Jurai Lisplang Besar**

Sebuah jurai lisplang besar yang berdiri bebas diinstalasi di plaza sebelah barat gedung. Lisplang ini memiliki kaca atap dan berukuran sekitar 57 m x 32 m untuk dimensi luarnya. Dengan bentuk oval, posisinya berdiri sekitar 22 m di atas struktur podium. (Gbr. 6)

Seksi rangka dalam, yang terdiri dari kaca atap, menggunakan kerangka lapis-tunggal. Untuk menahan kerangka dalam dan untuk mempertahankan rijiditas tinggi, kerangka dirancang sebagai rangka ruang yang terbuat dari pipa baja.

Gbr. 6 Kerangka Struktur untuk Jurai Besar

### **Pembangunan Terus Maju**

Setelah merubuhkan gedung yang ada, konstruksi bangunan-bangunan yang direncanakan dalam proyek ini dimulai pada bulan April 2011. Perangkaian baja di atas muka tanah masih dikerjakan secara simultan dengan konstruksi struktur bawah tanah dengan menggunakan metode terbalik. Konstruksi lantai pengubah-struktur, yang merupakan bagian sulit dalam sebuah konstruksi di atas muka tanah, sudah berhasil diselesaikan (Foto 2), dan persiapan sedang dilakukan untuk membangun perangkaian yang kompleks pada puncak gedung.

Konstruksi gorong-gorong jalan sudah dimulai dan sedang berlangsung bersamaan dengan pekerjaan bangunan tinggi. Setelah penyelesaian struktur bangunan tinggi, pekerjaan konstruksi besar-besaran akan dimulai pada jurai besar, yang merupakan bangunan komersial dan struktur podium. *Grand opening* untuk keseluruhan proyek dijadwalkan pada 2014. (Foto 3)

Foto 2 Konstruksi rangka pengubah-struktur  
Foto 3 Tampak keseluruhan Proyek Jalan Lingkar No.2 dalam pengerjaan (November 2012)

(Halaman 17~18)

## Rencana Otemachi 1-6 — Bangunan Ultra Tinggi menggunakan Kolom CFT Kekuatan Ultra Tinggi Tingkat Dunia—

oleh Shuichi Matsumoto, Taisei Corporation

Ada dua persyaratan yang muncul dalam proyek konstruksi bangunan tinggi saat ini; bentang yang lebih panjang untuk menambah kebebasan dalam disain ruang lantai standar dan atrium lebar yang meningkatkan kontinuitas antara lantai bawah dan ruang luar sekelilingnya. Untuk memenuhi kedua persyaratan tersebut, biasanya elemen struktur yang digunakan untuk perangkaan diberi gaya besar sehingga volumenya menjadi lebih besar. Akan tetapi kombinasi elemen mutu tinggi yang tepat dapat mencegah penambahan volume berlebih.

Kami telah mengembangkan teknologi kelas dunia kolom tubuler isi beton (*concrete-filled tubular*) (CFT) mutu ultra-tinggi yang mampu memenuhi kebutuhan tersebut yang dihasilkan dari kombinasi beton mutu tinggi (mutu disain standar:  $150 \text{ N/mm}^2$ ) dan produk baja mutu tinggi (kuat tarik:  $780 \text{ N/mm}^2$ ). Kolom CFT mutu ultra tinggi ini sedang digunakan juga untuk membangun lantai rendah gedung ultra tinggi di Rencana Otemachi 1-6.

### Garis Besar Struktural dan Gedung

Bangunan ultra tinggi ini memiliki 38 tingkat di atas muka tanah (termasuk sebuah *penthouse* tiga tingkat), dengan tinggi 199,7 m dan memiliki enam lantai *basement* yang menjorok ke kedalaman 35,1 m. Total ruang lantai adalah sekitar  $198.000 \text{ m}^2$ . (Foto 1) Bangunan utama memiliki fungsi: perkantoran, sebuah hotel dan pertokoan.

Dalam hal tipe struktur, lantai bawah tanah dibangun dengan beton bertulang, dan lantai-lantai di atas muka tanah membentuk sebuah struktur rangka tahan momen dengan bresing kontrol-respons diatur di inti gedung. Peredam minyak yang digunakan sebagai peredam viskos dan bresing tahan tekuk yang terbuat dari baja leleh rendah (LY225) untuk elemen aksial dan digunakan sebagai peredam hysteresis diatur sehingga energi gempa dapat diserap secara efektif.

Kerangka mega truss digunakan untuk lantai 4 dan 32. Ini merupakan lantai pengubah-struktur dimana posisi struktural kolom berubah untuk menghasilkan sistem perangkaan dimana tercipta bentang lantai yang berbeda untuk lantai atas dan lantai bawah. Untuk

menjamin tetap dapat didiami pada saat angin kencang, sebuah alat kontrol-respons (*active mass damper*) diinstalasi di puncak atap. (Lihat Gbr. 1)

Foto 1 Tampilan gedung  
Gbr. 1 Elevasi Perangkaan

### Aplikasi Kolom CFT Mutu-SuperTinggi

Satu fitur unik Perencanaan Otemachi 1-6 adalah kreasi Hutan Otemachi, daerah hijau seluas  $3.600 \text{ m}^2$  yang terdiri dari tanah dan tanaman hijau yang disediakan di lantai dasar lokasi gedung. Dalam hal ini salah satu tugas penting dalam rencana gedung adalah bagaimana membangun perangkaan struktural yang aman tanpa hambatan struktural di ruang besar yang tersedia di antara Hutan Otemachi dan jalur *subway* di bawahnya

Kolom CFT mutu- super tinggi yang diaplikasikan di bagian rendah bangunan dihasilkan dengan menggunakan baja  $780 \text{ N/mm}^2$  dan beton  $\text{Fc}150 \text{ N/mm}^2$ , sehingga dihasilkan kolom dengan mutu tingkat dunia (Gbr. 2). Penggunaan kolom CFT mutu-ultra tinggi pada bagian rendah memenuhi kebutuhan pada rencana bangunan di atas. Di samping itu, kolom-kolom ini memenuhi persyaratan untuk keselamatan gempa (Gbr. 3). Mutu kolom CFT yang sangat tinggi menekan kebutuhan akan volume kolom, yang pada akhirnya tidak saja mengurangi penggunaan bahan tetapi juga mitigasi beban lingkungan terkait.

Gbr. 4 menunjukkan hubungan antara regangan dan tegangan pada baja dan beton. Regangan kritis hampir identik untuk baja  $780 \text{ N/mm}^2$  dan beton  $\text{Fc}150 \text{ N/mm}^2$ , yang menunjukkan keuntungan dari penggabungan beton mutu-tinggi dengan baja mutu-tinggi. Di samping kapasitas dukung vertikal yang sangat tinggi yang dimiliki kolom CFT mutu-ultra tinggi, kolom jenis ini juga menunjukkan rasio leleh yang tinggi dan elongasi rendah pada saat kuat tarik, dan dengan demikian dapat mempertahankan kerangka gedung dalam rentang elastiknya.

Dalam pengembangan kolom CFT mutu ultra-tinggi, kinerja strukturalnya ditunjukkan melalui uji struktur, dan pekerjaan disainnya dilakukan dengan menggunakan metode asesmen mutu. Di samping itu, uji ekstensif lainnya juga dilakukan, seperti uji pengelasan di pabrik dan pengelasan baja mutu ultra-tinggi di lokasi dan uji bahan dan pengisi untuk beton mutu ultra-tinggi. Kemudian, setelah ditetapkan efisiensi struktural dari kolom CFT mutu ultra-tinggi ini barulah kolom dapat digunakan dalam praktek.

15 Nopember 2013.

Gbr. 2 Penggunaan Kombinasi Baja Mutu-tinggi dan Beton Mutu-tinggi untuk Menghasilkan Kolom CFT Mutu-ultra tinggi

Gbr. 3 Aplikasi Kolom CFT Mutu-ultra tinggi

Gbr. 4 Hubungan antara Tegangan Beton dan Regangan Baja

### **Ruang Lantai Luas dengan Menggunakan Sedikit Kolom**

Bangunan ini masih dalam pengerjaan dan akan mempunyai ketinggian 200 m. Penggunaan kolom CFT mutu ultra-tinggi akan dapat menciptakan bangunan besar, ruang luas dengan sedikit kolom pada lantai bawah yang akan turut menahan beban besar yang dihasilkan oleh bangunan ultra-tinggi. (Lihat Foto 2)

Foto 2 Kolom tubuler isi beton (CFT) mutu-ultra tinggi

■ ■ ■ ■ ■

## **Operasi MKBJ**

(Sampul Belakang)

### **Symposium MKBJ 2012 tentang Konstruksi Baja Struktur**

Masyarakat Konstruksi Baja Jepang (MKBJ) telah mengadakan Symposium MKBJ tentang Konstruksi Baja Struktur sejak 2014. Tujuan utama dari symposium ini adalah untuk menyalurkan hasil-hasil berbagai operasi komite dan kelompok kerja MKBJ secara komprehensif dan fungsional dan menyediakan tempat bagi pertukaran antara anggota MKBJ dengan yang bekerja dalam konstruksi baja. Symposium 2012 diadakan pada tanggal 15 dan 16 Nopember.

Siposium 2012 meliputi berbagai acara seperti yang tercantum dalam tabel terlampir, dan juga memperkenalkan pekerjaan pemenang hadiah MKBJ 2012 dengan menggunakan eksibisi panel. (Untuk pekerjaan pemenang hadiah, lihat halaman 1~6.)

Jumlah keseluruhan pserta untuk siposium dua hari 2012 adalah sekitar 1.000. Symposium tahunan ini berfungsi sebagai tempat pertukaran antara peneliti dan insinyur yang bekerja dalam konstruksi baja dan untuk mengumpulkan informasi terkini dalam kosntruksi baja.

Symposium 2013 dijadwalkan pada tanggal 14 dan

## **Kepada Pembaca**

oleh Toshiyuki Sugiyama, Ketua, Komite Internasional, MKBJ (Profesor, *Graduate School of Yamanashi University*)

Saya memangku posisi ketua Komite Internasional pada tahun 2012.

Dimulai dengan terbitan No. 26 *Steel Construction Today & Tomorrow*, Komite Internasional bertanggung jawab atas perencanaan editorial salah satu dari tiga terbitan yang terbit tahunan. Semenjak inagurasinya, MKBJ sudah mengadakan banyak kegiatan dalam bentuk survey, riset dan pengembangan teknologi yang ditujukan untuk mendorong penyebaran baja dan meningkatkan teknologi terkait dan, selanjutnya, menjalin kerjasama dengan organisasi luar negeri.

Setelah merger antara MKBJ dengan Asosiasi Bangunan Baja *Stainless* Jepang pada tahun 2010, bidang operasi MKBJ meluas meliputi tidak saja baja karbon tetapi juga baja *stainless* yang sangat tahan karat. Akibatnya, kami bermaksud untuk menyebarkan informasi ke seluruh dunia yang terkait dengan berbagai bidang konstruksi baja.

Sebagaimana dalam terbitan No. 35, isu sebelumnya yang merupakan tanggung jawab komite kami, isu saat ini, No.38, memperkenalkan pekerjaan yang menonjol yang memperoleh Hadiah MKBJ dan Hadiah Tesis. Satu fitu khusus dalam terbitan ini adalah tentang teknologi bangunan tinggi mutakhir di Jepang dan proyek bangunan tinggi terkini. Juga termasuk di dalamnya adalah garis besar Symposium MKBJ 2012 tentang Konstruksi Baja Struktur.

Komite Internasional, sementara bekerja untuk respon yang sangat berragam terhadap internasionalisasi spesifikasi dan standar konstruksi baja, juga mendorong pertukaran informasi teknis dan personel antara organisasi Jepang dan luar negeri. Sebagai salah satu aspek dalam operasi ini, kami berusaha untuk menyampaikan informasi kepada pembaca mengenai operasi MKBJ, tren dalam konstruksi baja, dan teknologi dan perkembangan teknologi yang relevan terhadap perencanaan, dan pembangunan struktur baja di Jepang.

Apabila anda berharap untuk memperoleh informasi rinci mengenai berbagai artikel yang terdapat di dalam terbitan ini atau untuk menerima informasi teknis terkait, silakan mengontak anggota staf MKBJ Hiroshi Sugitani (h.sugitani@jssc.or.jp)

