

# STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 31 Nopember 2010)

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

## *Versi Bahasa Indonesia*

Versi Bahasa Inggris *Steel Construction Today & Tomorrow* diterbitkan tiga kali dalam setahun dan disirkulasikan ke seluruh dunia kepada para eksekutif, perusahaan perdagangan industri, dan organisasi administratif yang berminat. Tujuan utama publikasi ini adalah memperkenalkan standar dan spesifikasi mengenai konstruksi baja, contoh-contoh proyek konstruksi mutakhir, teknologi dan material konstruksi mutakhir dan lainnya di bidang konstruksi bangunan dan keteknik-sipil.

Agar pembaca Indonesia dapat memahami artikel yang ada, disiapkan versi Bahasa Indonesia yang berisi teks saja, dan dilampirkan pada versi Bahasa Inggris. 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. 31 Nopember 2010: Isi**

Struktur portal-baja: Tren dan Perkembangan Teknologi _____	1~2
Fitur Khusus: Tokyo Sky Tree	
Pembuatan Lansekap Luar Ruang-Waktu _____	3~4
Garis Besar Struktur _____	5~9
Konstruksi Menara Kelas Dunia _____	10~13
Pipa Baja Kekuatan Tinggi _____	14~15
Kolom CFT untuk Struktur Bangunan _____	16~18
Seminar dan Lokakarya Konstruksi Baja Asia Tenggara _____	kover belakang

(halaman 1~2)

## Struktur Portal Baja

### —Tren dan Perkembangan Teknologi—

Oleh Koji Morita

Profesor Emeritus Universitas Tokyo Denki

Profesor Fakultas Teknik, Universitas Chiba

#### Peningkatan Aplikasi Struktur Tahan-Gempa

Gbr.1 menunjukkan prosentase bangunan bertingkat portal baja (60 m atau lebih) yang dirancang sejak tahun fiskal 2000 hingga paruh pertama tahun fiskal 2006 yang menggabungkan alat kontrol getaran dan alat isolasi-dasar

Gbr. 2 menunjukkan rasio berbagai peredam yang digunakan

Ada tiga jenis peredam histeresis yang sering digunakan: dinding pelat baja tahan gempa dari baja dengan titik leleh rendah (batas lebih rendah untuk kuat tarik) sebesar 80 (200) N/mm<sup>2</sup> dan 205 (300)N/mm<sup>2</sup>; panel leleh geser dengan penyokong dan bresing Y dan bresing tahan tekuk dari baja titik leleh rendah dan SN490B sebagai bahan bresing. Rasio penggunaan peredam histeresis dalam konstruksi bangunan berkisar antara 40% dan 65%

Jenis peredam lekat yang digunakan diantaranya adalah material visko-elastis, yaitu peredam yang menyerap energi melalui deformasi geser pada material lekat, dan peredam minyak yang menerapkan mekanisme penyerapan energi silinder-dan-piston. Rasio penggunaan peredam jenis lekat tiap tahun berkisar mulai kurang dari 30% hingga lebih dari 49% (lihat Gbr. 2)

Disamping itu, berbagai usaha positif telah dilakukan kearah pengembangan peredam baru dan penggunaannya dalam perancangan.

Berbagai metode untuk meningkatkan daya tahan gempa pada bangunan portal baja bertingkat rendah dan menengah juga telah banyak diterapkan, sesuai dengan aplikasi dan kepentingan bangunan. Dalam perancangan bangunan nilai pergerakan gempa untuk gempabumi besar ditetapkan lebih besar dibandingkan untuk bangunan umum. Lebih jauh lagi, dalam penentuan kriteria disain untuk tujuan mitigasi tingkat kerusakan, penerapan metode disain yang menekan kerusakan portal dengan memasukkan peredam histeresis pada portal dianggap cukup efektif. Untuk mendorong penerapan metode disain tahan gempa dalam konstruksi bangunan bertingkat rendah dan menengah, perlu dikembangkan peredam yang sesuai

untuk bangunan rendah dan menengah dan yang mempunyai daya pulih tinggi setelah terjadi bencana. Perlu juga dikembangkan detail hubungan peredam-portal dan peningkatan efisiensinya.

#### Diversifikasi Titik Leleh dan Kuat Tarik Produk baja

Di samping baja konvensional dengan batas titik leleh rendah (batas kuat tarik lebih rendah) sebesar 235 (400), 325 (490), 355 (520) dan 440 (590) N/mm<sup>2</sup>, telah diperoleh persetujuan dari kementerian terkait untuk baja dengan berbagai tingkat leleh lebih rendah (kuat tarik),

yaitu:

- Grad baja untuk pelat pipa bulat: 385 (550), 400 (490) ( $f_{HAZ} \leq 0.58$  untuk pelat), 440 (590) (Baja SA440 konvensional untuk pelat), 500 (590), 630 (780) dan 700 (780) (hanya pelat H-SA700)-N/mm<sup>2</sup> dan
- Grad baja untuk pipa kotak: 385 (550), 400 (490) ( $f_{HAZ} \leq 0.58$ ) dan 440 (590)-N/mm<sup>2</sup>.

Titik leleh yang ada sekarang telah berkembang pada kisaran 235 N/mm<sup>2</sup> hingga 700 N/mm<sup>2</sup>, sementara beberapa grad baja di atas masih membutuhkan persetujuan untuk dapat diterapkan. Di samping itu, untuk pelat baja dengan titik leleh dari 325 N/mm<sup>2</sup> hingga 440 N/mm<sup>2</sup> telah dikembangkan baja untuk las panas tinggi.

Diantara produk baja ini, pelat dengan titik leleh rendah 325 N/mm<sup>2</sup> atau lebih dan ketebalan 40 mm atau lebih diproduksi dengan proses kontrol termo-mekanis tipe pendinginan dengan air (thermo-mechanical control process/ TMCP) atau dengan proses QQ'T yang meliputi pencelupan awal diikuti pencelupan dan temper dua fase secara berurutan. Akan tetapi, untuk produk baja dengan batas kuat tarik 780 N/mm<sup>2</sup> diharapkan pengembangan baja dengan daya pengelasan tinggi serta material las yang menjamin kekuatan logam las tanpa menurunkan kekuatan logam dasar. Lebih jauh lagi, diperlukan pengumpulan data statistik properti mekanis produk baja yang dihasilkan dari grad diversifikasi dan lasnya sebagai data untuk disain.

Gbr. 3 menunjukkan rasio kuat maksimum (batas bawah kuat tarik) produk-produk baja yang digunakan untuk kolom pada bangunan bertingkat portal baja. Berdasarkan klasifikasi proses produksi, maka baja grad 325 (490) N/mm<sup>2</sup> yang dihasilkan dengan giling panas mencapai hampir 30%, dan baja grad 325 (490),

355 (520) dan 385 (550) N/mm<sup>2</sup> dengan TMCP and the 440 (590) N/mm<sup>2</sup> dengan QQ'T keduanya mencapai hampir 70%. Akhir-akhir ini, produk baja QQ'T grad 630 (789) N/mm<sup>2</sup> yang memperhitungkan perilaku siklik dalam rentang plastis telah dimanfaatkan untuk dinding pelat baja tahan gempa bagi struktur bangunan tinggi bentang besar dan untuk dinding berat, kolom pipa baja- isi-beton dengan bentang besar dimana batas elastisnya dispesifikasikan dalam persyaratan disain.

Dalam pembangunan Tokyo Sky Tree®, menara baja untuk penyiaran radio yang sedang dalam pembangunan (yang akan diperkenalkan selanjutnya), telah dipergunakan berbagai jenis dinding berat, pipa baja bulat bentang besar disamping produk baja grad 630 (780) N/mm<sup>2</sup>

Keleluasaan memilih disain struktur banyak ditentukan oleh pemilihan produk baja yang telah disebutkan di atas sesuai dengan kebutuhan performa yang dibutuhkan untuk tiap komponen struktur. Struktur portal baja merupakan tipe bangunan yang paling sesuai untuk menciptakan ruang bebas dan penggunaannya diharapkan dapat meningkatkan kebutuhan akan ruang struktural.

### **Kolaborasi antara Perencana Struktur dan Perusahaan Fabrikasi Portal Baja**

Terdapat banyak perusahaan fabrikasi portal baja yang beroperasi. Beberapa perusahaan dapat memproduksi struktur dengan presisi tinggi dimana komponen struktur dengan dinding berat, baja lebar dengan kekuatan tinggi disambung dalam susun tiga dimensi yang kompleks. Beberapa perusahaan bergerak terutama dalam manufaktur portal baja kaku yang menggunakan kolom pipa kotak dan balok penampang H. Semua perusahaan ini memiliki ketrampilan dalam hal teknologi fabrikasi terkait dan terus meningkatkan demi kemampuannya untuk menjamin mutu portal baja.

Dapat dikatakan bahwa hal ini dimungkinkan dengan adanya perkembangan teknologi, penyebar-luasan dan pengembangan ahli teknik yang terus menerus yang dilakukan oleh the Japan Steel-rib Fabricating Association dan the Japan Steel Constructors Association disamping kerja keras perusahaan-perusahaan fabrikasi portal baja terkait.

Perencana struktur dan perusahaan penghasil portal baja telah banyak melakukan kolaborasi melalui pertukaran informasi teknologi secara rutin dan melalui implementasi disain struktur yang menonjolkan performa fabrikasi yang pada akhirnya mencerminkan

berbagai usulan perusahaan portal baja. Kerja sama ini diharapkan akan memajukan perkembangan teknologi fabrikasi bangunan portal baja. Perusahaan-perusahaan fabrikasi portal baja saat ini tengah mengarah ke operasi yang bersifat penghematan tenaga kerja dan energi, termasuk juga kearah kontribusi bagi terciptanya masyarakat rendah-karbon. Dalam hal operasi pengelasan, berbagai usaha ditujukan untuk mengurangi volume las dan koresi las dengan mengkaji ulang standar yang ada. Berbagai hal juga dilakukan untuk memperkuat operasi fabrikasi hemat energi termasuk kontrol proses untuk fabrikasi optimal dan untuk mengurangi pergerakan komponen konstruksi. Sehubungan dengan itu, diperlukan kerjasama yang baik antara perancang dan perusahaan fabrikasi, dalam arti perancang struktur dan perusahaan konstruksi perlu sejak awal menyepakati perubahan disain, perubahan metode konstruksi, tingkat penyelesaian kerja, peralatan yang dibutuhkan dan detail sambungan logam konstruksi agar tidak terjadi gangguan selama fabrikasi portal baja.

Salah satu contoh kolaborasi yang baik antara perancang struktur dengan insinyur fabrikasi portal baja adalah perancangan detail dan fabrikasi portal bajayang digunakan untuk konstruksi Tokyo Sky Tree®. Konstruksi menara baja tertinggi dunia ini dimungkinkan dengan adanya kolaborasi teknologi disain mutakhir dari perancang struktur dan teknologi mutakhir fabrikasi portal baja serta jaminan kualitas dari perusahaan fabrikasi portal baja.

Gbr. 1 Rasio Bangunan dengan Alat Kontrol Getaran dan dengan Alat Isolasi-Dasar pada Bangunan Bertingkat Portal Baja

Gbr. 2 Rasio Berbagai Peredam yang Digunakan

Gbr. 3 Kuat Maksimum Produk Baja untuk Kolom

■ ■ ■ ■ ■

(halaman 3-4)

## **Tokyo Sky Tree —Penciptaan sebuah Lanskap Luar Ruang-Waktu —**

Oleh Shigeru Yoshino  
Mitra Disain, Nikken Sekkei Ltd.

Berhadapan dengan Sungai Sumida di bagian Timur Tokyo, Narihira-bashi dan Oshiage dulunya merupakan pusat kebudayaan *Edo* yang sangat berkembang (abad ke 17 hingga akhir abad ke 19). Pada bulan Februari 2006 Tobu Railway Co. mengusulkan kepada perusahaan penyiaran setempat dan kepada Sumida Ward untuk membangun sebuah menara baja yang besar di daerah itu, yang disebut Tokyo Sky Tree®. Hal pertama yang ditekankan pada awal proyek adalah “penciptaan sebuah lanskap luar ruang-waktu”. Setelah melalui berbagai tahapan pekerjaan disain, rencana tersebut direalisasikan dengan melakukan berbagai usaha dengan konsisten.

### **Menara Bertingkat di Distrik *Shitamachi***

Tokyo Sky Tree yang menjulang tinggi di atas area Narihira-bashi-Oshiage Sumida Ward dikelilingi beberapa area *shitamach* (distrik belanja dan hiburan tradisional) seperti Asakusa dan Mukojima. Bangunan ini juga berada pada titik strategis pertemuan jalur kereta Tobu, subway dan jalur pelayanan transportasi air. Tokyo Sky Tree tidak hanya berperan sebagai menara penyiaran radio swa-sembada dengan transmisi teresterial digital dan sinyal penyiaran lainnya, tetapi juga menjadi simbol revitalisasi area *shitamachi* dan budaya *shitamachi* serta pada saat bersamaan juga memperkuat ikatan dengan Asakusa, tempat wisata terkenal di Tokyo yang kaya akan jejak budaya Edo. Untuk memenuhi kebutuhan ini, dilakukan berbagai studi disain menara yang mencerminkan hubungan yang kuat dengan fitur geografis daerah yang unik tersebut.

Lokasi konstruksi berada pada pusat segitiga topografis yang pada ke dua sisinya berbatasan dengan Sungai Sumida dan Arakawa yang selalu mengalir selama berabad-abad, dan pada bagian selatan berbatasan dengan jalur kereta dan jalan raya utama yang melintang dari Timur ke Barat. Menara ini berada pada titik kritis dimana berbagai jalan besar memusat dengan persilangan ortotropik dengan ketiga sumbu kota. Oleh karena itu untuk penetapan dasar menara kemudian diuji penggunaan portal segitiga datar agar tower dapat dikunjungi dari semua arah jalan besar.

Sebagai struktur dengan pandangan menyapu ke bawah, menara ini mengingatkan akan *kanae* Cina kuno atau ketel tiga kaki yang menyiratkan stabilitas bagi yang melihat. Di samping itu, bentuk segitiga dapat memaksimalkan lebar yang mungkin untuk dasar menara dengan keterbatasan tempat konstruksi yang

ada, juga memungkinkan struktur stabil dengan jumlah komponen struktur minimum. Berbagai pertimbangan juga dilakukan dengan hati-hati untuk menghilangkan kesan opresif bagi lingkungan sekitar.

Di satu sisi, dengan pertimbangan pengunjung akan melihat ke arah rumahnya dari kedua observatory, maka harus tersedia sudut pandang 360<sup>0</sup> ke seluruh daerah Kanto. Akhirnya diputuskan bahwa bentuk sirkuler merupakan bentuk yang paling tepat untuk pemasangan antena ke semua arah. Juga, bentuk lingkaran, bila diberikan gaya luar dari berbagai arah lebih seimbang dibandingkan dengan bentuk segitiga dalam menahan beban dan mempertahankan stabilitas menara.

Sebagai hasilnya, konfigurasi menara secara progresif berubah dari bentuk segitiga di bagian dasar menjadi lingkaran pada bagian atas — menjadikan menara ini mempunyai konfigurasi unik yang tidak ditemukan dimanapun di dunia.

### **Perubahan Konfigurasi Menara**

Perubahan konfigurasi menara dari bentuk segitiga menjadi bentuk lingkaran menghasilkan kesan “kembang- kempis” pada disain menara, yang merupakan bentuk yang biasa ditemukan dalam budaya tradisional Jepang. Penampang melintang bentuk segitiga yang mendominasi bagian bawah menara berubah menjadi lingkaran pada ketinggian sekitar 300 m di atas muka tanah.

Bila dilihat dari samping, tiap garis yang bergerak ke atas dari muka tanah sepanjang bagian dengan segitiga akan membentuk lengkung tertekan. Garis lengkung yang tergambar di langit menyerupai “lekuk” pada *katana*, pedang Jepang. Garis diagonal yang mengikat ketiga sisi segitiga membentuk pola cembung gembung” yang luwes. Contoh bentuk seperti ini adalah gembung pada kolom kuil dan candi Jepang. Dilihat sepintas, konfigurasi menara ini nampak sederhana, tetapi pada kenyataannya mengandung banyak lengkung yang sangat kompleks.

### **Disain Menara Melampaui Ruang-Waktu**

Menara-menara yang paling menonjol di dunia biasanya berada pada satu sumbu kota, seperti Eiffel di Paris, atau dekat dengan laut, danau atau sungai, seperti menara CN di Toronto dan Oriental Pearl Tower (menaraTV) di Shanghai.

Ada dua persepektif untuk melihat sebuah menara: pertama adalah dari suatu jarak dan menaranya membumbung tinggi dari muka tanah, dan kedua

adalah dari dasar menara melihat ke langit. Kedua perspektif ini akan melekat di ingatan pengunjung menara.

Sebaliknya, bagi Tokyo Sky Tree, pemandangan dari jauh melewati Sungai Sumida adalah yang paling mengesankan. Dari jalan besar yang membentuk pola berragam di sekitar *shitamachi* sampai tepat di bawah menara, perubahan tampilan menara dari bentuk segitiga menjadi bentuk lingkaran mempertegas keunikan menara ini dalam permainan “kembang-kempis”. Dengan tampilan yang berbeda-beda tergantung dari titik mana dipandang, menara ini menyatu dengan jalan klasik *shitamachi* dan dengan alam kebebasan, perubahan dan orisinalitas khas kelas saudagar Edo.

Sebuah lansekap arsitektural baru akan lahir. Di dalamnya, Tokyo Sky Tree akan mengkaryakan teknologi mutakhir dengan pendekatan disain yang belum pernah diterapkan sebelumnya. Pada saat bersamaan, menara ini akan mewarisi dan menyerap budaya lokal yang telah berakar di tempat berdirinya. Kami yakin lansekap yang tercipta akan mengjewantahkan tema: “penciptaan sebuah lansekap luar ruang-waktu.”

(Gambar)

Areal di dan sekitar Lokasi Konstruksi untuk Tokyo Sky Tree  
Pemandangan Tokyo Sky Tree dari Ketinggian  
Pemandangan Tokyo Sky Tree dari Udara pada saat Penyelesaian

■ ■ ■ ■ ■

(halaman 5-9)

## **Tokyo Sky Tree** **—Garis Besar Struktur Menara** **Penyiaran Terrestrial Dijital —**

Oleh Michio Keii, Atsuo Konishi, Yasuo Kagami, Kazunari Watanabe, Norio Nakanishi dan Yoshichika Esaka

Departemen Disain Struktur, Nikken Sekkei Ltd.

Pembangunan Tokyo Sky Tree®, menara penyiaran terrestrial dijital dengan ketinggian 634 m dimulai pada Juli 2008 di kota Sumida, Tokyo. Menara ini tidak hanya memancarkan penyiaran terrestrial dijital yang dicanangkan dimulai pada musim semi 2012 di Jepang;

tetapi juga akan menjadi simbol kerja keras untuk mencapai kejayaan masyarakat.

## **Outline Perencanaan Tokyo Sky Tree**

### **• Rencana Lokasi dan Rencana Pengaturan Fasilitas**

Daerah dan sekitar Stasiun Oshiage dan Narihira-bashi, yang direncanakan untuk pembangunan Tokyo Sky Tree, berada dekat pusat Kota Sumida, Tokyo. Secara khusus, lokasi ini berada pada persilangan dua sumbu kota dari Kota Sumida: sumbu timur-barat yang melewati lokasi ini *via* daerah Azumabashi dari Ueno dan Asakusa dan sumbu selatan-utara yang mengarah ke dan sekitar Stasiun Hikifune dari dan sekitar daerah Stasiun Kinshico.

Tata letak fasilitas dibagi menjadi 3 seksi: distrik barat terutama untuk fasilitas komersial (dimanfaatkan oleh entitas setempat), distrik menara, dan distrik timur terutama untuk pertokoan (wisata) dan perkantoran (lihat Gbr. 1). Menara ini terletak di pusat situs yang direncanakan dan akan menjadi bagian inti dari kompleks yang menawarkan ekskursi menyenangkan dan kegiatan yang ramai.

Gbr. 1 Rencana Pengaturan Lengkap

## **Beban Rencana dan Target**

### **• Beban Angin**

#### **—Penetapan Karakteristik Tinggi-Arah Angin Alami**

Karena Pantai Tokyo berada sekitar 8 km sebelah selatan menara dan karena tinggi menara ini 634m, lapis batas muka tanah yang menggambarkan kekasaran permukaan distrik tepi dianggap tidak dapat dikembangkan lagi, sehingga digunakan kelas kekasaran II

Tinggi lapis batas dicanangkan melebihi atas menara yang direncanakan, dan kecepatan angin rata-rata dihitung dengan pertimbangan bahwa profil kecepatan angin rata-rata dapat diekstrapolasi untuk tinggi  $Z_G$  atau lebih dengan hukum distribusi tenaga, yang diadopsi dalam *the Building Load Guidelines and Commentary* (Architectural Institute of Japan, 2004)

Juga ditentukan bahwa AIJ *Guidelines* diekstrapolasi untuk tinggi  $Z_G$  atau lebih, sesuai dengan skala angin dan distribusi tinggi-arah dari turbulen angin sebagaimana dilakukan untuk profil kecepatan angin rata-rata. Akan tetapi, turbulen angin dibatasi minimum 10% untuk memperoleh batas yang lebih rendah.

### —Penetapan Asumsi Badai dalam Disain dan Beban Angin Rencana

Tabel 1 menunjukkan asumsi badai dalam perancangan. Gaya angin yang bekerja pada menara menurut tingkat badai dicari dengan cara: untuk badai level 2, beban angin statis ekuivalen diperoleh melalui prosedur dalam Gbr. 2; dan untuk badai level 1 dan 3, gaya angin sebanding dengan kuadrat dari kecepatan angin dasar.

Tabel 1 Periode Balik Tingkat Badai dan Kecepatan Angin Rata-Rata ekuivalen terhadap Kecepatan Angin Dasar

Gbr. 2 Disain Tahanan Angin (Persiapan Beban Angin Statis Ekuivalen)

### • Pembebanan Gempa

#### —Petunjuk Pemeriksaan Keamanan Struktur selama Gempa Bumi

Dengan tinggi menara 634 m, ekspansi aksial komponen-komponen struktur akan sangat berpengaruh dan sulit untuk mendefinisikan beban gempa disain dengan cara “beban amplop gaya geser” yang secara konvensional diadopsi dalam perancangan gedung-gedung bertingkat. Untuk itu, keamanan struktur menara selama gempa bumi diuji dengan melakukan analisa respons historis waktu per komponen untuk gerakan gempa yang diadopsi seperti dalam Tabel 2 untuk menjamin keamanan seluruh komponen struktur.

#### —Adopsi Gerakan Seismik

Gerakan seismik yang diadopsi dalam perancangan menara dipilih adalah gelombang setempat yang terjadi selama gempa bumi yang lama dan jenis gempa bumi yang menghantam daratan yang terjadi di dekat menara; serta gelombang terpantau yang diadopsi dalam perancangan gedung-gedung bertingkat tinggi. Gbr. 3 menunjukkan spektrum respons dari gerakan seismik yang diadopsi.

### • Target Disain

Menara ini dirancang sedemikian rupa sehingga tegangan komponen konstruksi, tidak termasuk sambungan las, tetap berada dalam rentang elastis terhadap gempa tingkat 2, gempa bumi dan beban angin seperti pada Tabel 3. Sementara itu, di samping target rancang di atas, agar memenuhi keamanan struktur, performa struktur harus cocok untuk menara penyiaran radio, yang dalam artikel ini tidak dideskripsikan.

Tabel 2 Adopsi Gelombang Gempa  
Tabel 3 Target Disain Tahan-Gempa  
Gbr. 3 Perbandingan Spektrum

### Disain Struktur Atas

#### • Rencana Perangkaan

Kolom tengah (*shinbashira*) beton bertulang bentuk silindris ditempatkan di pusat menara, dan portal portal baja (menara tengah dan dalam) untuk tempat elevator, EPS dan perlengkapan lainnya dipasang sekeliling kolom tengah. Bagian luar dibuat dengan struktur rangka terbuat dari pipa baja, dan konfigurasi datar struktur rangka pada dasar menara berangsur berubah menjadi bentuk lingkaran. (Lihat Gbr. 4)

Rangka yang disebut rangka *kanae* (ketel tiga kaki), terdiri dari empat komponen utama dan terletak di tiap sudut segitiga sama sisi dasar menara, dan rangka-rangka ini terhubung pada bidang datar struktur seperti pada Gbr. 5. Rangka *kanae* dan portal tepi (menara luar) menghasilkan tahanan utama terhadap gaya gempa dan beban angin.

Gbr. 4 Gambar Perangkaan

Gbr. 5 Rencana Lantai

#### • Produk Baja yang Dipakai

Tabel 4 menunjukkan produk baja yang dipakai sebagai komponen struktur pada konstruksi menara. Karena menara ini tidak hanya tinggi tetapi juga memiliki rasio lebar-tinggi cukup besar, gaya yang berkerja pada tiap komponen struktur pada saat gempa bumi dan topan menjadi besar. Untuk itu dibutuhkan bagian struktur dengan kekuatan tinggi dengan dimensi penampang yang besar. Dengan alasan yang sama, metode penyambungan yang digunakan adalah pengelasan. Dengan besarnya berat tiap komponen, diputuskan untuk membagi tiap komponen menjadi ukuran yang lebih kecil untuk mempermudah pengangkutan dan pengangkatan ke lokasi konstruksi untuk selanjutnya disambung dengan pengelasan-di-tempat.

Dengan kondisi demikian, perlu diadopsi produk baja yang tidak hanya memiliki kekuatan tinggi tetapi juga memiliki daya pengelasan yang sangat baik termasuk performa pemanasan awal. Produk baja yang memiliki kuat leleh  $400 \text{ N/mm}^2$  atau lebih yang digunakan dalam konstruksi Tokyo Sky Tree memenuhi performa yang dibutuhkan, dan, juga telah mendapat persetujuan dari Menteri Pertanian, Infrastruktur, Transport dan Turisme khususnya untuk

penggunaan dalam konstruksi menara ini.

Tabel 4 Penampang Pipa Baja dan Ketebalan Dinding

#### • Disain Sambungan multi-kopel

Karena rangka *kanae* dan komponen struktur seperti kolom, pengaku dan komponen horizontal untuk menara luar saling terhubung secara tiga dimensi dan membentuk koneksi, digunakan pipa baja yang disambung dengan metode multi-kopel untuk menyambung bagian-bagiannya. Salah satu alasan penggunaan metode multi-kopel adalah, tampilan akhir yang rapi dan lebih sedikit permasalahan dalam proteksi karat.

Akan tetapi, karena keamanan sambungan multi-kopel untuk pipa baja kekuatan tinggi dengan penampang besar seperti yang digunakan dalam proyek ini di luar lingkup *Steel Pipe Truss Design Guidelines* dari the Architectural Institute of Japan, kekuatan sambungan dan koneksi multi-kopel ini mengacu kepada spesifikasi *API (American Petroleum Institute)* dilengkapi dengan penggunaan *AJG Guidelines* dan FEM analysis.

Kekuatan sambungan ini diuji sebagai berikut: Kekuatan menahan beban angin diuji dengan beban angin rencana (beban statis); dan karena beban statis gempa rencana tidak ditentukan, kekuatan untuk menahan beban gempa diuji dengan pendekatan bertahap berdasarkan analisa riwayat waktu (time-history analysis). Selanjutnya, uji fatik akibat angin dan gempa bumi dilakukan pada semua koneksi untuk memastikan keamanan koneksi. Gbr. 7 menunjukkan diagram alir uji fatik.

Gbr. 6 Sambungan Multi-Kopel

Gbr. 7 Diagram Alir Uji Fatik pada Sambungan Multi-Kopel

#### Disain Struktur Pondasi

##### • Outline Muka Tanah Lokasi Konstruksi

Lokasi rencana berada pada daerah rendah Tokyo yang dikelilingi Sungai Sumida dan Arakawa. Topografi lapisan permukaan termasuk klasifikasi rawa berpasir, lapisan permukaan di dan sekitar lokasi rencana adalah topografi reklamasi buatan yang luas.

Komposisi geologi di lingkungan lokasi rencana adalah deposit diluvial lapisan kerakal Tokyo, lapisan Tokyo, lapisan kerakal teras benam, lapis lempung benam, juga lapisan diluvial seperti lapis Yurakucho pada lingkungan permukaan tanah, dan kelompok

lapis Kazusa termasuk lapis Edogawa dan lapis Toneri sebagai dasar pondasi.

Ketebalan lapisan Yurakucho adalah sekitar 25~30 m dan bagian atasnya terdiri terutama lapisan pasir gembur setinggi 5 m dan bagian bawah terdiri dari tanah lempung.

Survei tanah yang dilakukan meliputi:

- Survey pengeboran
- Tes permeabilitas di tempat
- Tes beban horizontal lubang bor
- Tes laboratorium tanah
- *PS Logging*
- Pencatatan gerakan gempa lambat konstan
- Pencarian jaringan gerakan gempa lambat

Gbr. 8 menunjukkan log pengeboran tanah yang diperoleh dari survey pengeboran

##### —Periode *Predominan Tanah*

Periode *Predominan* tanah diukur untuk periode lama 1 detik atau lebih: 7.0~9.0 detik dan 3.0~4.0 detik; dan kurang dari 1 detik: 0.4~0.5 detik dan 0.6~0.7detik.

##### — Hasil Pencarian Jaringan gerakan gempa lambat

Kedalaman (kec  $\geq$  3,000 m/dtk) batuan dasar gempa diasumsikan sekitar 2,5 km

Gbr. 8 Log Pengeboran di Lokasi Konstruksi

##### • Disain Struktur Pondasi

Struktur pondasi menara dibangun di atas strata tumpu dengan komposisi lapisan kerikil diluvial keras yang berada pada Muka Tanah-35m atau lebih dalam. Komposisinya adalah pondasi dinding tiang beton bertulang (*RC pile wall*) menerus bawah tanah dengan kekuatan dan kekakuan tinggi dan pondasi dinding tiang beton bertulang cetak-di-tempat. Untuk bagian dasar menara, khususnya, disusun pondasi dinding tiang beton bertulang menerus bawah tanah, dan tepat di bawah rangka *kanae*, pondasi dinding tiang beton tulangan baja (*SRC pile wall*) dipasang (lihat Gbr. 9). Untuk memberikan tahanan tarikan (*withdrawing resistance*) pada tiang, dipasang sebuah simpul pada pondasi ini, dan pondasi dinding tiang tulangan baja ini kemudian dipancang hingga kedalaman Muka Tanah-50m (GL-50m). Selanjutnya, profil-H dipasang diantara pondasi dinding untuk memberikan kuat tarik yang lebih tinggi pada struktur dinding. Tahanan tarikan dari tiang dengan simpul diuji dengan skala penuh di lokasi.

Gbr. 9 Tiang yang dipasang

- **Struktur Pondasi SRC untuk Transfer tahanan tarik (*withdrawing resistance*) ke tiang**

Gaya tekuk dan geser dari menara portal baja di atas bekerja pada struktur pondasi (Gbr.10), dan demikian juga dinding SRC dimana dipasang pelat baja sesuai dengan bentuk datar pondasi di susun dalam struktur pondasi. Ketebalan pelat baja ditentukan 40 mm dan 22 mm, dan untuk dinding RC 2.700 mm dan 1.900 mm.

Gbr. 10 Struktur Pondasi

**Garis Besar Kontrol Getaran dengan *Shinbashira***

Bagi menara ini, system control getaran yang ditunjukkan pada Gbr. 11 diadopsi untuk mengurangi respon khususnya selama gempa bumi. Secara khusus, *shinbashira* (kolom tengah) RC dan bagian portal baja bagian luar terpisah pada ketinggian 125 m atau lebih, dan untuk sistim kontrol getaran diadopsi mekanisme aditif massa yang memanfaatkan berat (massa) *shinbashira* di bagian lainnya. Integrasi *shinbashira* dengan portal baja luar dengan menggunakan produk baja pada ketinggian 125 m atau kurang dan instalasi peredam minyak pada ketinggian 125 m atau lebih tidak saja memungkinkan pengontrolan pergeseran *shinbashira* melainkan juga menambah performa peredaman seluruh struktur. Gaya geser respons dapat berkurang hingga maksimum sekitar 40% pada saat gempa bumi besar dengan penerapan sistim kontrol getaran *shinbashira*.

Gbr. 11 Gambar Konsep Kontrol Getaran *Shinbashira* (Kolom Tengah)

■ ■ ■ ■ ■

(halaman 10~13)

**Tokyo Sky Tree**  
**—Konstruksi Menara Baja Kelas Dunia—**

Oleh Obayashi Corporation

Menara swa-sembada tertinggi di dunia ini sedang dibangun di Tokyo. Dinamakan Tokyo Sky Tree®, menara dengan tinggi 634 m ini berfungsi sebagai menara penyiaran radio mandiri dengan transmisi teresterial digital dan sinyal penyiaran lainnya. Beberapa fasilitas utama pada menara ini adalah sebuah menara antenna, observatori pertama (pada

ketinggian 350 m) dan observatori ke dua (pada ketinggian 450 m).

Bagian terendah menara ini adalah sebetuk segitiga yang ditopang dengan tiga kaki. Bentuknya secara bertahap berubah menjadi lebih bulat, hingga pada ketinggian sekitar 300 m menjadi lingkaran sempurna. Teknologi konstruksi dan material mutakhir yang diadopsi pada Tokyo Sky Tree diperkenalkan di bawah ini.

**Perakitan Menara Antena dengan Metode Angkat**

Bagian tertinggi menara ini, menara antenna TV, akan dirakit di permukaan tanah dan kemudian diangkat dengan kabel melalui bagian dalam menara sampai ketinggian akhir 634 m dengan menggunakan “metode angkat” dinamis. Perakitan menara antenna di atas tanah dimulai dengan bagian atas di dalam ruang rongga di tengah menara sebelum konstruksi *shinbashira* (kolom tengah). Menara antenna berangsur-angsur diangkat ke atas, dan segmen-segmen berikutnya ditambahkan di bawah. Menara antenna yang telah selesai berukuran lebih dari 200 m dan dengan kolom tengah pada bagian bawahnya kemudian di angkat ke atas melalui dan keluar dari menara hingga mencapai posisi akhirnya di atas. (Lihat Gbr. 1 dan 2)

Dengan metode angkat, pekerjaan perakitan pada ketinggian lebih dari 500 m yang belum pernah dilakukan sebelumnya dapat dihilangkan, dengan mempertahankan keselamatan dan kualitas. Periode konstruksi menjadi jauh lebih singkat karena menara antenna dirakit di atas tanah bersamaan dengan pekerjaan konstruksi menara di atas observatori pertama.

**Konstruksi *Shinbashira* dengan Metode *Slipform***

Pada ruang kosong yang tersedia setelah pengangkatan menara antenna, *shinbashira* (kolom tengah) akan dibangun dengan menggunakan “metode *slipform*” dimana beton dituang secara kontinyu ke dalam sebuah form yang meluncur ke atas pada saat beton yang telah dituang mengeras. (Gbr. 3)

Dengan teknologi yang dipatenkan oleh Obayashi Corporation, struktur inti beton silindris bisa dibangun dalam waktu singkat di ruang terbatas di pusat menara. Ruang rongga di dalam struktur kemudian dapat digunakan untuk merakit dan mengangkat menara antenna sebelum *shinbashira* dibuat dengan metode *slipform*.

**Perakitan Pipa Baja Raksasa**



Menara ini tersusun dari pipa baja kekuatan tinggi bor lebar (*wide-bore high-strength*) yang jarang dijumpai dalam konstruksi bangunan. Karena berat dan ukurannya dan karean peraturan transportasi, pipa dibuat dalam bentuk potongan dengan berat di bawah 30 ton di pabrik di seluruh Jepang. Potongan-potongan ini kemudian diangkut ke lokasi konstruksi dan dirakit dengan menggunakan *tower crane* dengan kapasitas 32 ton.

Potongan terbesar yang digunakan di kaki menara berukuran diameter 2,3 m, terbuat dari pelat baja setebal 10 cm (Gbr. 4). Dengan batasan berat, maka panjang potongan terbesar hanya 4 m.

### Struktur Rangka Baja

Menara ini sendiri merupakan struktur rangka dengan gelagar vertikal, horisontal dan diagonal. Hampir semua gelagar terbuat dari pipa baja kekuatan tinggi, yang dilas langsung dengan teknik *multi-kopel* sehingga dihasilkan sambungan yang bersih dan halus. (Lihat Gbr. 5)

### Knuckle Walls

“Knucle walls” yang dikembangkan oleh Obayashi Corporation digunakan sebagai tiang pondasi yang mendukung menara tertinggi dunia ini. Agar menara dapat menahan gaya angkat dan gaya tekan gempa bumi dan angin keras. Pondais tiang ini memiliki tonjolan serupa nodul yang berfungsi menahan kuat pondasi tiang di tanah dan meningkatkan kekuatan tiang menahan menara (Gbr. 6). Keseluruhan bentuk pondasi tiang juga menambah kekakuan dan ketahanan terhadap gaya horizontal yang dihasilkan oleh gempa bumi.

### (Gambar)

(halaman 10)  
Garis Besar Proyek  
Elevasi  
Musim Semi 2009

(halaman 11)  
Gbr. 1 Garis Besar Struktur Tokyo Sky Tree  
Gbr. 2 Metode Angkat  
Musim Gugur 2009

Musim Panas 2010  
(halaman 12)  
Gbr. 3 Metode *Slipform*

Gbr. 4 Pipa Baja Raksasa  
Gbr. 5 Joint *Multi-coupling*

(halaman 13)  
Gbr. 6 *Knuckle Wall*  
Musim Dingin 2010  
Musim Semi 2011

■ ■ ■ ■ ■

(halaman 14~15)

## Tokyo Sky Tree —Pipa Baja Tegangan Tinggi untuk Menara Antena—

Dalam membangun menara baja yang dikenal sebagai Tokyo Sky Tree®, digunakan 2 jenis grad pipa baja kekuatan tinggi dalam jumlah besar—grad 400 N/mm<sup>2</sup> dan grad 500 N/mm<sup>2</sup>. Di samping itu untuk menara antena tertinggi digunakan pipa baja dengan grad 780 N/mm<sup>2</sup>, tertinggi yang pernah digunakan di Jepang. Ini merupakan pertama kali di Jepang menggunakan pipa dengan grad 780 N/mm<sup>2</sup> dengan tebal dinding maksimum 80 mm untuk konstruksi sebuah bangunan arsitektural. Tabel 1 menunjukkan Garis Besar pipa baja tersebut.

Dimensi pipa baja yang digunakan memiliki diameter luar 500~2,300 mm dan ketebalan dinding 19~100 mm. Pipa baja yang digunakan untuk bagian bawah menaran memiliki diameter luar 2.300 mm dan ketebalan 100 mm

Tabel 1 Garis Besar Pipa Baja Tegangan Tinggi

### Proses Produksi Pipa Tegangan Tinggi

Pipa tegangan tinggi dihasilkan dengan cara UOE, proses penekukan tekan atau penekukan gilas. Contoh dari kedua proses ini ditunjukkan pada Gbr 1 dan 2.

Dalam proses UOE, pelat baja dipotong menurut ukuran yang ditentukan untuk kemudian dibentuk bevel. Pelat dijadikan bentuk U dengan menggunakan press U dan kemudian menjadi bentuk O dengan menggunakan press O. Selanjutnya bagian bevel dibersihkan dan dilakukan pengelasan. Pertemuan sambungan pada material bentuk O disatukan dengan las dari luar dan dalam dengan pengelasan busur, dan fabrikasi pipa selesai dan disesuaikan dengan ukuran

yang dibutuhkan dengan menggunakan pemuai mekanis. (Lihat Gbr. 1)

Proses penekukan gilas dan penekukan tekan terutama digunakan bila ketebalan dinding ataupun diameter luar pipa baja terlalu besar untuk dihasilkan dengan proses lainnya. Seperti ditunjukkan pada Gbr. 2, bevel difabrikasi pada tepi pelat baja, dan setelah penekukan tepi dengan menggunakan press, pelat kemudian dibentuk menjadi silinder sempurna dengan menggunakan penggilas atau press, dan garis pertemuannya di las dengan metode las busur rendam untuk menghasilkan pipa. Pembuatan bentuk dapat menggunakan proses pembentukan dingin, hangat ataupun panas, sesuai dengan ketebalan dinding dan konfigurasi luar

Gbr. 1 Proses Pembuatan Pipa UOE

Gbr. 2 Proses Pembuatan Pipa dengan Penekukan Gilas atau Penekukan Tekan

### **Pelat Baja untuk Pipa Tegangan Tinggi**

Pelat baja yang digunakan untuk pembuatan pipa tegangan tinggi dihasilkan dengan memperkirakan perubahan properti material pelat yang mungkin terjadi selama proses pembuatan pipa. Pelat ini diproduksi dengan cara TMCP dan perlakuan panas yang menggunakan tungku pembakaran dengan performa tinggi.

TMCP (thermo-mechanical control process) juga disebut proses perlakuan termo-mekanis. Ini merupakan proses produksi pelat dengan properti material optimal dengan cara mengontrol suhu gilas dan pola reduksi selama penggilasan dan dengan menyesuaikan metode pendinginan segera setelah penggilasan sesuai kebutuhan. Gbr. 3 menunjukkan TMCP di JIS. Keempat produsen baja di Jepang telah mengembangkan TMCP masing-masing, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Di samping kekuatan tinggi, TMCP juga menghasilkan keras yang tinggi (logam dasar dan las), yang biasanya tidak sejalan dengan kekuatan tinggi. TMCP juga memungkinkan produksi pelat baja yang cocok untuk operasi las yang dilakukan jauh di atas muka tanah dengan meningkatkan daya pengelasan yaitu pengelasan pada suhu pemanasan awal rendah.

Performa yang sangat baik ini tidak saja memenuhi kebutuhan akan struktur bentang lebar dan bertingkat, tetapi juga kebutuhan akan komponen struktur dengan penampang kecil dan dinding yang lebih tipis. Hal ini pada gilirannya berkontribusi pada kebebasan estetika

yang lebih besar dalam konstruksi bangunan dan disain struktur, juga lebih ekonomis karena pengurangan biaya transport dan fabrikasi serta periode konstruksi di- tempat yang lebih singkat.

Tabel 3 TMCP Produsen Baja

Gbr. 3 *Thermo-mechanical Control Process* untuk Penggilasan Pelat (JIS G0201)

■ ■ ■ ■ ■

(halaman 16~18)

## **Kolom CFT**

### **—Kolom Komposit Baja Kekuatan Tinggi-Beton —**

Proyek R&D yang ditampilkan dalam “New Structural System Employing Innovative Structural Materials,” fitur khusus dalam terbitan No. 29 (October 2009) *Steel Construction Today & Tomorrow*, menstudi kolom CFT (*concrete-filled steel tube*) yang menggunakan baja kekuatan tinggi dan beton kekuatan tinggi. Khususnya, survei eksperimental dilakukan untuk mempertegas karakteristik struktural kolom CFT dalam persamaan-persamaan disain struktur yang ada.

Target proyek R&D yang dibahas dalam “New Structural System Employing Innovative Structural Materials” adalah menyusun sistim pembangunan struktur baja dengan material struktur yang inovatif yang dapat menjamin portal baja utama sebuah bangunan bertahan dalam rentang elastisnya sekalipun dalam gempa bumi dengan intensitas 7 (tingkat gempa tertinggi berdasarkan Badan Meteorologi Jepang). Performa yang diharapkan dari material baja yang baru ini untuk digunakan dalam struktur meliputi penghematan sumber daya, pengurangan beban lingkungan, dan daya tahan gempa yang lebih tinggi. Dengan kata lain, tujuan proyek ini adalah mengembangkan bangunan baja yang mengutamakan sitem struktur yang aman, dan masa layan yang panjang.

### **Baja Baru Grad 800 N/mm<sup>2</sup>**

Untuk merealisasikan pembuatan portal dengan sistim struktur yang baru, produk baja kekuatan tinggi harus diaplikasi dengan tepat. Karena rangka struktur berada pada rentang elastis, tidaklah perlu untuk

mempertahankan ketentuan penerapan untuk rentang plastis, seperti rasio leleh (*yield ratio*). Oleh karena itu, dengan mengutamakan kekuatan tinggi, jumlah penggunaan baja dan berat struktur berkurang dan pada akhirnya mengurangi biaya.

Secara khusus, sistem portal baja dimana portal utama berada pada rentang elastis, bahkan ketika gempa bumi dengan intensitas 7, dapat di realisasikan dengan memanfaatkan kolom CFT kekuatan tinggi, sekaligus juga memberikan ruang yang lebih nyaman.

Baja kekuatan tinggi  $800\text{N/mm}^2$  yang dikembangkan dalam proyek R&D untuk digunakan dalam rentang elastis untuk gempa dengan intensitas 7 menghasilkan kuat tarik dua kali produk baja konvensional. Kuat tarik yang lebih tinggi dan sifat ramah lingkungan yang ditawarkan produk ini menjadi ekonomis dan rasional karena mengurangi elemen logam campur dan dengan mengurangi proses produksi dengan pemanfaatan teknologi produksi yang inovatif. Di samping itu, penggunaan material yang lebih kuat akan mengurangi beban lingkungan dengan berkurangnya penggunaan produk baja. Tabel 1 menunjukkan garis besar spesifikasi produk baja grad  $800\text{ N/mm}^2$  (H-SA700A dan 700B).

Tabel 1 Garis Besar Spesifikasi Produk Baja H-SA700

### **Karakteristik Struktural Kolom CFT Kekuatan Tinggi**

Survei eksperimental karakteristik kolom CFT yang dihasilkan dengan kombinasi baja kekuatan tinggi grad  $800\text{ N/mm}^2$  dengan beton kekuatan tinggi grad  $100\sim 150\text{ N/mm}^2$  untuk memastikan hubungan material dalam persamaan-persamaan disain struktur yang ada (lihat Foto 1 dan 2).

Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Kekuatan eksperimen kolom CFT bisa dinilai dengan mengaplikasikan metode perhitungan yang sesuai.
- Bila batas elastis (saat leleh) meningkat, deformasi kolom CFT, yang terlihat dari kuat ijin (*allowable strength*), melebihi produk baja biasa.
- Efek konstrain kolom CFT kotak bisa diaplikasikan hanya untuk mengelas kolom CFT terpasang
- Pada aplikasi dengan kondisi ketat (rasio lebar-ketebalan yang besar, gaya aksial besar), maka pengurangan kekuatan beton perlu diperhitungkan
- Dalam hal rasio lebar-ketebalan besar dan pembebanan kearah 45 derajat, perlu diperhatikan bentuk dan properti material dari seksi R sudut (Gbr. 2)

Foto 1 Tes kolom CFT kekuatan tinggi

Foto 2 Kondisi tes akhir kolom CFT kekuatan tinggi

Gbr. 1 Perlakuan Nilai  $c\gamma_U$  Menurut Rasio Gaya Aksial dan Rasio Lebar-Ketebalan

Gbr. 2 Perlakuan Potongan Sudut R Menurut Rasio Lebar-Ketebalan

### **Performa Lelah Siklik Tinggi Kolom CFT Kekuatan Tinggi**

Karena kolom CFT diharapkan untuk penggunaan jangka panjang, dilakukan survei eksperimental, pertama, untuk melihat perubahan performa struktural dalam batas elastis dengan memperoleh respons ganda berulang selama gempa kecil/medium dan angin keras dan, kedua, untuk melihat perubahan kekakuan horizontal pada tiap siklus (Gbr. 3). Hasil survei menunjukkan bahwa efek kekakuan aksial dan horizontal kolom CFT pada seluruh struktur bangunan terbatas.

Gbr. 3 Hubungan antara *Rate* Pengurangan Kekakuan Horizontal dengan Angka Siklus Eksitasi Kolom CFT Kekuatan Tinggi

### **Aplikasi Teknologi dan Material Struktur Baru**

Penerapan sistem struktur yang baru dibuktikan dengan menguji lima pelaksanaan dengan fitur-fitur karakteristik sistem secara penuh. Dari kelima penerapan, digunakan kolom CFT kekuatan tinggi dalam studi yang dilakukan pada bangunan perkantoran bertingkat menengah yang dibangun sepanjang perifer pusat perkotaan (Gbr 4 dan 5)

Dalam gedung, struktur inti (*core*) ditempatkan pada kedua sisi gedung dan di dalamnya disusun pengaku kontrol-getaran untuk merespon hampir seluruh gaya gempa. Kolom CFT kekuatan tinggi disusun di pusat bangunan, dan kolom-kolom baja ramping dengan kekuatan tinggi ditempatkan pada tepi luar. Hasilnya, tersedia ruang terbuka lebar 22 m dengan fleksibilitas yang tinggi.

Gbr.4 Tampilan Gedung Perkantoran Bertingkat Menengah dengan Ketahanan Gempa Tinggi yang Akan Dibangun sepanjang Perifer Pusat Perkotaan dengan Menerapkan Sistem Struktur Baru

Gbr.5 Komposisi Sistem Struktur yang Diterapkan pada Gedung Perkantoran Bertingkat Menengah Tahan Gempa

■ ■ ■ ■ ■  
(Kover Belakang)

**Seminar dan Lokakarya Konstruksi Baja Asia Tenggara**

Komite Promosi Pasar Luar Negeri Federasi Besi dan Baja Jepang (JISF) telah mengadakan delapan sesi Seminar Konstruksi Baja Asia Tenggara sejak 2002 dengan tujuan promosi konstruksi struktur baja dan meningkatkan pasar di Asia Tenggara bagi produk-produk baja Jepang yang kompetitif

Sesi Seminar dan Lokakarya Konstruksi Baja Asia Tenggara 2010 dilaksanakan pada bulan November 2010, dengan fokus pada dua negara: Indonesia dan Vietnam. Garis Besar kegiatan seminar dan Lokakarya 2010 terlampir.

Tabel: Garis Besar Seminar