

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 32 Maret 2011)

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. 32 Maret 2011: Isi

Fitur Khusus

Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

Hadiah Presiden MKBJ 2010

Metode Baru Penghancuran dengan Dongkrak-ke-Bawah untuk Bangunan Bertingkat	1
Pelat Datar Disokong Kolom Batang Baja dan Tiang Kepala Baja	2
Baja Performa Tinggi untuk Jembatan	3
Landas Pacu-D Bandara Internasional Haneda	4

Hadiah Tesis 2010

Perilaku Geser Lentur Balok Bentang-pendek dengan Leleh Geser Awal	5
Gaya Angkat Seismik pada Struktur Satu Lantai dengan Asimetri Sumbu Tunggal	5
Takikan Setengah Lingkaran sebagai Penanganan Tambahan untuk Menekan Fraktur	6
Analisis XFEM untuk Evaluasi Perilaku Retak Fatik arah Tebal	6

Fasilitas Jalan Rel dan Struktur Komposit Baja

Jembatan Komposit Baja-Beton	7
Bangunan Stasiun Hyugashi	11
Bangunan Stasiun Kochi	13
Disain Hubungan Struktur Komposit	15

Operasi Internasional dan Simposium

Penganugerahan Medali Anton Pedesko	17
Konperensi Baja Struktur Pasifik ke 9	17
Simposium MKBJ 2010	18
Kepada Pembaca	Sampul Belakang

Hadiah Presiden MKBJ 2010

(Halaman 1)

Metode Baru Penghancuran dengan Dongkrak-ke-bawah untuk Bangunan Bertingkat

Pemenang Hadiah: Kajima Corporation

Penghancuran bangunan bertingkat selama ini selalu dimulai dari lantai atas dan mengarah ke lantai bawah. Dalam metode ‘dongkrak-ke-bawah’ yang baru dikembangkan, dongkrak dipasang tepat di bawah kolom lantai 1, dan gedung dihancurkan dimulai dari lantai terbawah. Selanjutnya ke arah atas, kolom tiap lantai dipotong dan tiap lantai secara berturut-turut didongkrak ke bawah. Untuk keamanan seismik selama penghancuran, dibuat “dinding inti” beton bertulang dan “kerangka transfer beban” struktur baja di dalam gedung.

Metode baru ini diaplikasikan pada penghancuran sebuah gedung kantor 20 lantai, dan menghasilkan sebagai berikut:

- Dengan menutup keliling lokasi penghancuran, kebisingan dan debu dapat dikurangi
- Penghancuran hanya terjadi di permukaan tanah, dengan demikian mengurangi gangguan pada lingkungan sekitar
- Limbah buangan mudah dipisahkan dan didaur ulang supaya dapat digunakan kembali.
- Tingkat daur ulang meningkat menjadi 93% sementara dengan metode konvensional 55%
- Tingkat daur ulang termasuk untuk struktur gedung mencapai 99%
- Keselamatan pekerjaan bangunan tinggi dan terhindar dari benda jatuh meningkat.
- Waktu dan tenaga yang dibutuhkan untuk membongkar material hancuran menggunakan derek menara berkurang, sehingga meningkatkan efisiensi kerja.

Sekalipun biaya penghancuran metode baru ini 5~10% lebih tinggi dibandingkan metode konvensional, tetapi waktu pengerjaan dapat dikurangi sekitar 15%. Dengan metode baru ini, waktu penghancuran lebih singkat, sehingga memungkinkan konstruksi bangunan berikutnya dapat dilaksanakan lebih awal. Oleh karena itu, karena penyelesaian gedung baru dapat dipercepat, maka diperoleh keuntungan ekonomis dari keseluruhan

proses mulai dari penghancuran sampai dengan konstruksi gedung baru.

Sementara gedung yang ditargetkan untuk dihancurkan saat itu hanya struktur momen baja 20 lantai, saat ini banyak studi yang tengah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi biaya, dengan tujuan lebih memungkinkan penerapan metode penghancuran dongkrak-ke-bawah untuk bangunan yang lebih tinggi di masa depan.

Foto 1 Penghancuran gedung perkantoran 20 lantai
Gbr. 1 Perbandingan Metode Penghancuran Konvensional dan Baru (Seksi Bangunan)
Gbr. 2 Dinding Inti dan Kerangka Transfer Beban



(Halaman 2)

Pelat Datar Disokong Kolom Batang Baja dan Kepala Tiang Baja

Pemenang Hadiah: Takenaka Corporation dan Nippon Steel Corporation

Biasanya, perancang dan pemilik bangunan cenderung tidak menyukai kolom berat maupun struktur apapun yang mencuat dari bawah slab lantai. Untuk menjawab hal itu, Takenaka Corporation dan Nippon Steel Corporation bersama-sama mengajukan metode baru perangkaan: perangkaan pelat datar dimana digunakan batang baja sebagai kolom untuk meminimalkan diameter kolom dan kepala tiang baja yang ditanam di slab lantai (Gbr. 1)

Metode perangkaan yang baru ini diyakini akan mengarah ke realisasi ruang *indoor* dengan transparansi lebih tinggi. Berdasarkan catatan, metode ini telah banyak sekali diterapkan—40 contoh penggunaan di konstruksi bangunan dengan berbagai ukuran dan fungsi (Foto 1)

Ada tiga teknologi yang diadopsi dalam pelaksanaan metode perangkaan yang baru:

Kolom Batang Baja Sangat Tipis

Kolom paling tipis yang ada dengan menggunakan teknologi kontemporer adalah batang baja. Agar dapat mengaplikasikan kolom batang baja dengan mudah dan legal, Nippon Steel telah memperoleh persetujuan atas material pada bulan Januari 2006 untuk batang baja bulat diameter besar untuk struktur bangunan, yang merupakan keberhasilan besar yang mengantisipasi

revisi Hukum Standar Bangunan Jepang yang lebih ketat yang dibuat setelah 2006.

Penyambungan di-tempat Kolom-ke-kolom untuk Kolom Batang Baja

Suatu hal penting dan tidak terelakkan dalam aplikasi metode perangkaan konstruksi rangka bertingkat adalah teknologi penyambungan kolom-ke-kolom yang dilakukan di tempat.

Dalam hal posisi penyambungan, pekerjaan ini harus dilakukan dalam slab agar permukaan sambungan tidak terbuka karena lapisan terluar tidak tahan api

Dalam hal metode penyambungan, telah digunakan beberapa pendekatan seperti penyambungan las penetrasi parsial, penyambungan penyokong bantalan bulat tanpa las dan penyambungan flens dengan baut kekuatan tinggi (Gbr. 2)

Kepala Tiang Baja dalam Slab

Kepala tiang baja-dalam-slab merupakan teknologi dasar untuk metode baru perangkaan. Properti dinamis dan mekanisme fraktur proses perangkaan saat ini diperjelas dengan cara uji beban horisontal dan vertikal dan studi analisis yang difokuskan pada pengembangan metode disain dan kriteria disain. Selanjutnya, metode perangkaan yang baru telah melalui appraisal teknis (*GBRC performance appraisal No. 09-03*) oleh Korporasi Riset Bangunan Umum Jepang, yang diperlukan untuk penerapan praktis perangkaan pelat datar yang didukung kolom batang baja dan kepala tiang baja secara lebih meluas.

Gbr. 1 Pelat Datar Didukung Kolom Batang Baja dan Kepala Tiang Baja

Gbr. 2 Contoh Sambungan dalam Slab

Foto 1 Contoh aplikasi pada bangunan berbagai penggunaan dan ukuran

Foto 2 Contoh kepala tiang baja (pengelasan di-tempat)

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 3)

Pengembangan dan Aplikasi Praktis BHS (*High Performance Steel for Bridges*): Baja Performa Tinggi untuk Jembatan

Pemenang hadiah: Chitoshi Miki, Pusat Riset Infrastruktur Perkotaan Institut Teknologi Tokyo;

Hirofumi Kawasaki, Grup Riset Baja untuk Jembatan Federasi Besi dan Baja Jepang

BHS, bridge high-performance steel (Baja Performa Tinggi untuk Jembatan) adalah material dengan kinerja yang telah dikembangkan melebihi tingkat konvensional dalam hal tegangan, tahanan fraktur, daya las, kelecakan, daya tahan terhadap cuaca, dan kinerja lainnya yang dibutuhkan untuk konstruksi jembatan. Dalam *BHS* nilai kinerja berbagai karakteristik yang dibutuhkan untuk jembatan telah ditingkatkan hingga tingkat optimum.

Kemajuan besar dalam proses kontrol termomekanis (*thermo-mechanical control process, TMCP*) memungkinkan kontrol halus struktur mikro produk baja yang baru, yang meningkatkan mutu material produk-produk ini. Secara khusus, ini meliputi peningkatan kemampuan las dengan adanya optimasi komposisi ekivalen karbon dan sensitifitas retak las, minimasi ke-tidak-murnian, dan perbaikan properti arah tebal-dan-lebar—disamping properti mekanis seperti kekuatan yang lebih tinggi dan ketahanan fraktur yang lebih tinggi. Oleh karenanya, kini diantisipasi utilisasi produk baja dengan properti yang unggul ini, dan banyak usaha sedang dilakukan untuk pengembangan dan penggunaan praktisnya.

Konsep Pengembangan BHS

Ada dua konsep yang dibuat untuk pengembangan *BHS*.

- Untuk mengembangkan baja performa tinggi yang mencerminkan perkembangan teknologi pembuatan besi dan baja di Jepang, dan untuk menghasilkan baja dengan tegangan, kekuatan dan daya las yang lebih tinggi dengan menggunakan teknologi *TMCP* untuk menghasilkan struktur mikro yang lebih halus
- Untuk menyumbang bagi pengembangan struktur baja dengan memaksimalkan penggunaan baja performa tinggi yang menawarkan keuntungan ekonomis yang tinggi dalam disain dan konstruksi jembatan, serta daya saing internasional.

Kemajuan nyata dalam produk baja jembatan terlihat dari meningkatnya kristalisasi struktur mikro lebih halus (Foto 1). *BHS* terbaru menggunakan teknologi penggilasan dan pendinginan terkontrol untuk menghasilkan material dengan campuran yang kompatibel dalam hal daya las, tegangan dan kekuatan.

Tujuan Pengembangan BHS

Dalam mengembangkan *BHS*, kami mengamati bahwa

dengan menggunakan *BHS* jembatan baja dapat didisain lebih ringan dan lebih efisien serta memiliki tegangan dan daya las lebih tinggi dibanding produk baja SM yang biasa (*JIS*), dan bahwa manufaktur elemen-elemen jembatan bisa dihemat dengan memperbaiki operasi pengelasan.

Aplikasi Praktis *BHS*

Jembatan baja yang inovatif dan ekonomis dapat dihasilkan dengan menggabungkan efisiensi manufaktur elemen (kemudahan las, kecacakan, dll.) yang dimungkinkan dengan penggunaan *BHS* dengan disain baru yang menghasilkan kekuatan tinggi *BHS*. Untuk Jembatan Tokyo Gate (nama propinsinya) yang kini sedang dalam pembangunan, berbagai teknologi diadopsi untuk mendapat disain yang ekonomis, seperti sambungan las penuh untuk jembatan rangka baja menerus yang menggunakan disain *BHS* dan disain faktor beban dan tahanan.

Gbr. 1 Transisi Struktur Kristalin Produk Baja untuk Jembatan

Foto 1 Pengelasan di-tempat sambungan rangka dengan *BHS*

Foto 2 Instalasi keseluruhan seksi rangka bawah dengan sambungan las penuh

Foto 3 Sketsa artistik Jembatan Tokyo Gate
Perkembangan *BHS* (Baja Jembatan Performa Tinggi)

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 4)

Landas Pacu D Bandara Haneda: Konstruksi Landas Pacu Baja Tipe-jaket Pertama di Dunia

Pemenang Hadiah: Usaha Bersama Proyek Konstruksi Landas Pacu D; dan Kantor Konstruksi Bandara Tokyo, Biro Pengembangan Wilayah Kanto, Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transport dan Pariwisata

Landas Pacu-D, landas pacu keempat Bandara Internasional Tokyo (Bandara Haneda), dibangun di daerah lepas pantai dari bandara eksisting. Karena sepertiga dari keseluruhan landas pacu berada pada muara Sungai Tama, Landas pacu D dirancang sebagai struktur hibrida: lahan reklamasi dan sebuah struktur dermaga untuk memastikan aliran sungai tidak terganggu. Dermaga ini mengadopsi struktur jaket baja yang baru pertama kali dibuat untuk penggunaan pada

infrastruktur bandara.

Karena seksi dermaga menempati areal datar yang luas dengan ukuran 520.000 m², banyak batasan yang dipertimbangkan dalam konstruksinya: produksi dan instalasi sejumlah besar (198) jaket (produk baja: sekitar 260.000 ton) dan 1.165 tiang pipa baja (sekitar 90.000 ton) dalam waktu yang relatif singkat, realisasi durabilitas jangka panjang 100 tahun tanpa gangguan pada aliran sungai, dan menciptakan kekuatan fatik yang mampu menahan beban berulang akibat pesawat mendarat dan lepas landas. Sekalipun terdapat batasan-batasan tersebut, Landas pacu D yang baru diselesaikan hanya dalam waktu tiga setengah tahun

Struktur dermaga jaket menawarkan fitur-fitur dibawah ini:

- Jaket terdiri dari seksi gelagar baja atas dan seksi rangka bawah yang didisain tanpa elemen diagonal pada daerah diatas muka air laut. Konfigurasi ini menjaga aliran sungai, meminimalkan halangan struktur bawah yang disebabkan oleh muai/susut struktur atas akibat suhu, dan memungkinkan struktur terpadu menerus dengan area permukaan yang sangat luas.
- Untuk menjamin kekuatan fatik untuk mengakomodasikan sekitar 12 juta lepas landas dan pendaratan pesawat selama masa layan 100 tahun. Analisis *FEM* digunakan bersama-sama dengan metode disain konvensional untuk mengecek fatik pada beberapa bagian tertentu. Lebih lanjut, dua pendekatan baru digunakan penuh dalam manufaktur elemen: meningkatkan kekuatan fatik las dengan cara metode perlakuan tumbukan ultrasonik (*UIT, ultrasonic impact treatment*) dan menjalankan inspeksi non-destruktif dengan cara deteksi kesalahan otomatis ultrasonik (*AUT, ultrasonic automatic flaw*).
- Sistim proteksi korosi mutakhir untuk produk baja digunakan untuk mengoptimalkan *LCC* dan perawatan: pelapisan gelagar atas dengan pelat kover titanium, pengontrolan kelembaban dengan sistim dehumidifikasi dan pelapisan struktur yang berada diatas air pasang dan zona basah dengan baja tahan karat yang tahan terhadap korosi air laut.

Gbr. 1 Keseluruhan Struktur Landas Pacu D

Gbr. 2 Struktur Jaket

Gbr. 3 Integrasi Jaket Atas dan Bawah

Gbr. 4 Konstruksi Seksi Dermaga

Gbr. 5 Tampak Lengkap Dermaga Tipe Jaket

■ ■ ■ ■ ■

Hadiah Tesis 2010

(Halaman 5)

Riset Perilaku Geser Lentur Balok Bentang Pendek dengan Leleh Geser Awal

Pemenang hadiah: Yasuhiko Harada

Setelah gempa bumi Hanshin yang besar tahun 1995, satu tujuan penting adalah mencegah kejadian fraktur getas dan menjamin kapasitas deformasi plastis las ujung balok pada sambungan kolom baja kotak dan balok H. Hal ini dilakukan dengan diseminasi dan mempraktekan penggunaan flens dengan lidah dimana flens ujung balok diperlebar untuk mengurangi tegangan las. Akan tetapi, untuk balok dengan bentang terlalu kecil dibandingkan dengan tebalnya, banyak kasus dimana sulit untuk mendesain elemen yang memungkinkan leleh lentur balok mendahului fraktur sambungan ujung balok, sekalipun menggunakan metode muai lebar. Kondisi ini merupakan masalah besar dalam disain pencegahan fraktur ujung balok.

Untuk memecahkan masalah ini, penulis dkk mengusulkan metode baru pencegahan fraktur ujung balok yang menggunakan balok dengan leleh geser awal yang menyebabkan leleh geser pada web balok sebelum terjadi leleh lentur pada balok sehingga menurunkan tegangan las ujung balok. Selanjutnya, sederet uji beban siklik dilaksanakan dengan menggunakan spesimen balok dengan leleh geser awal, termasuk las ujung balok untuk membuktikan validitas metode disain pencegahan fraktur ujung balok.

Gbr. 1 Contoh Kondisi Ultimit Balok dengan Kelelahan Geser Awal (Spesimen Uji F-1)

Gbr.2 Contoh Hubungan Pembebanan dan Deformasi Balok dengan Kelelahan Geser Awal (Uji Spesimen F-1)

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 5)

Studi Penanganan Tambahan dalam Las Pemotongan Pengaku Tegak untuk Menghasilkan Takikan Setengah Lingkaran pada Lantai Baja Ortotropik

Pemenang Hadiah: Yoshihiko Takada dan tiga staf lainnya dari Hanshin Expressway Company Limited

Sehubungan dengan retak yang terjadi pada lantai baja ortotropik, retak pada las *fillet* pelat lantai dan pengaku tegak gelagar web utama disebabkan karena konsentrasi tegangan setempat akibat deformasi defleksi pada lantai yang tertahan pengaku tegak. Makalah ini mempresentasikan hasil studi mengenai penanganan tambahan untuk las pemotongan pengaku tegak untuk menghasilkan takikan semisirkuler untuk menurunkan konsentrasi tegangan pada las (Gbr. 1).

Dalam analisis *FEM*, terlihat bahwa tegangan berkurang dengan membuat takikan setengah lingkaran sampai sekitar 1 / 2 pada sisi lantai dan sekitar 1 / 3 pada sisi pengaku tegak

Uji fatik menggunakan spesimen menunjukkan perambatan retak melambat hingga hampir tidak ada setelah takikan dibuat. Dalam hal lubang stop disediakan untuk retak tembus-lantai, retak tidak terlihat merambat lagi. Tegangan pada lantai baja ortotropik berkurang hingga sekitar 40% pada sisi lantai dan hingga sekitar 30% pada sisi pengaku tegak setelah ditambahkan takikan.

Riset ini memperjelas bahwa kondisi tegangan las membaik ketika dibuat takikan untuk meningkatkan daya tahan fatik dan juga bahwa rambatan retak yang ada dapat ditekan.

Gbr. 1 Penakikan Setengah Lingkaran

Gbr. 2 Timbulnya Retak dan Kuat Fatik untuk mencegah Fraktur

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 6)

Study Eksperimental Dasar Gaya Angkat Seismik pada Struktur Satu Lantai dengan Asimetri Sumbu Tunggak

Pemenang Hadiah: Tadashi Ishihara dan dua anggota lainnya

Penulis melakukan riset yang mencatat efek gaya angkat pada reduksi respon seismik. Kami melakukan uji meja guncangan dengan tujuan klarifikasi efek eksentrisitas terhadap reduksi respons seismik yang sebelumnya belum diklarifikasi.

Selama persiapan spesimen uji, perlu diperhatikan beberapa poin sebagai berikut:

- Pengambilan asumsi bahwa lantai bersifat kaku pada bidangnya

- Memastikan kekakuan dan kekuatan kolom terhadap benturan dan tumbukan pada saat mendarat.
- Kompatibilitas antara pengurangan spesimen dan periode alami yang sesuai

Spesimen uji terdiri dari kolom kaku dan balok lentur pada sebuah struktur satu lantai yang hanya berdiri diatas empat kolom.

Dua model spesimen digunakan: model non-eksentris (N) dan model dengan eksentrisitas sumbu tunggal pada arah sisi-pendek (E). Rasio eksentrisitas model E ditetapkan 0,48, yang merupakan level yang cukup tinggi. Periode alami pada arah sisi-pendek adalah 0,45 detik untuk N dan 0,54 detik untuk E.

Gbr. 2 menunjukkan nilai respon dengan sudut simpangan struktur rata-rata, (*average story drift*) R_m (dinormalkan dengan mengalikan dengan ω .²) sisi pendek rangka struktur pada sumbu x. Riset ini memperjelas bahwa rata-rata gaya geser hampir identik terlepas dari apakah model eksentris ataupun non-eksentris dan tidak tergantung pada jenis gelombang seismik, dan bahwa gerakan angkat cenderung membatasi kenaikan sudut torsi hingga tingkat tertentu.

Gbr. 1 Spesimen uji

Gbr. 2 Nilai Respon Maksimum pada Simpangan Struktur Rata-Rata (*Story Drift Angle*) R_m

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 6)

Evaluasi Perilaku Retak Fatik melalui Ketebalan dalam Struktur 3D dengan Analisis XFEM

Pemenang Hadiah: Kazuki Shibnuma

Banyak kerusakan akibat retak fatik yang telah dilaporkan terjadi pada jembatan-jembatan tua. Oleh karena itu sangat mendesak untuk mengklarifikasi penyebab kerusakan-kerusakan ini dan untuk merasionalkan perawatan jembatan. Simulasi numerikal tentang perilaku propagasi retak fatik efektif untuk memecahkan masalah ini.

Retak dapat dimodelkan dari mesh secara terpisah dengan menggunakan metode *extended finite element (XFEM)*. Dalam studi ini dibuat kode yang dapat mensimulasi propagasi retak dengan mudah dan efisien dengan mengimplementasikan PU-XFEM kedalam

perangkat lunak analisis FEM biasa. PU-XFEM merupakan formulasi ulang XFEM dengan menyelesaikan ketidak-lengkapan FEM asli. Lebih jauh, validitas kode dikonfirmasi dengan mensimulasi propagasi retak fatik pada balok silang tengah pada jembatan gelagar I dan spesimen dek lantai baja dengan menggunakan *bulb rib*. Hasil simulasi retak fatik ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil uji.

Gbr. 1 Pemodelan Retak dalam PU-XFEM

Gbr. 2 Perbandingan Hasil Jalur Propagasi Fatik antara Simulasi Numerikal dan Uji Fatik

■ ■ ■ ■ ■

Struktur Komposit Baja dan Fasilitas Jalan Rel

(Halaman 7~10)

Konstruksi Jalan Rel di Jepang

Jalan rel di Jepang memiliki total panjang sekitar 20.000 km dan dioperasikan oleh enam perusahaan jalan rel penumpang dan satu perusahaan angkutan barang, yang sudah diprivatisasi dan terpisah dari perusahaan pemerintah Jalan Rel Nasional Jepang pada tahun 1987. Sekitar 2.200 km dari jalur rel kereta dioperasikan sebagai bagian dari jaringan jalur kereta penumpang kecepatan tinggi, yang disebut Shinkansen. Shinkansen merupakan sistem yang canggih bila dibandingkan dengan jalan rel konvensional yang menggunakan lebar sepur yang sempit. Sebagai contoh, Shinkansen mengadopsi lebar sepur dan sistem kontrol sinyal yang standar. Shinkansen pertama sepanjang 515 km dibuka untuk lalu lintas pada tahun 1964, tahun Olimpiade Tokyo sebagai jalan rel tercepat di dunia. Sejak pembukaannya, jalur kecepatan tinggi yang baru terus dibangun hingga saat ini.

Jepang mempunyai populasi total 120 juta di atas tanahnya yang sempit (1/25 Amerika Serikat). Dengan situasi demikian, konstruksi Shinkansen sering kali menghadapi kondisi berat sehubungan dengan ruang kerjanya. Khususnya untuk jembatan yang memotong sungai, jalan dan jalan rel, tidak berlebihan bila dikatakan bahwa jenis struktural jembatan dipilih berdasarkan bagaimana pelaksanaan pemasangan jembatan. Oleh karena itu, semakin besar peluang dipilihnya struktur jembatan dengan penggunaan baja sebagai material utama karena performanya yang unggul dalam instalasi.

Dalam artikel ini, diperkenalkan dua topik. Topik yang pertama adalah Jembatan Matsubara sebagai contoh jembatan gelagar komposit baja-beton, yang dibangun dalam kondisi pemasangan yang sangat berat. Topik kedua meliputi Stasiun Hyugashi dan Stasiun Kochi sebagai contoh bangunan stasiun kereta yang dibangun kembali dengan menggunakan struktur komposit baja-kayu (kedua stasiun melayani jalan kereta konvensional)

Jembatan Komposit Baja-Beton pada Jalan Rel Kecepatan Tinggi —Jembatan Matsubara: Pemasangan dalam Kondisi Berat—

Proyek Shinkansen di Jepang

Seperti disebutkan di atas, konstruksi jalur Shinkansen di Jepang sudah berlangsung secara berkelanjutan. Garis besar proyek Shinkansen ditunjukkan pada Gbr. 1 (a). Garis merah pada gambar menunjukkan konstruksi terakhir Shinkansen. Perpanjangan Shinkansen Tohoku hingga ke bagian utara Jepang diselesaikan pada bulan Desember 2010, dan Shinkansen Kyushu ke selatan Jepang dijadwalkan pada bulan Maret 2011. Inaugurasi jalur baru ini berarti semua wilayah dari daerah utara Honshu ke daerah selatan Kyushu akan terhubung dengan jalan rel kecepatan tinggi, sehingga dapat diharapkan mobilitas akan meningkat secara signifikan di seluruh Jepang (catatan: Pulau Hokkaido akan dihubungkan dengan Shinkansen pada tahun 2015)

Dalam pembangunan jalur Shinkansen jembatan baja cenderung dipilih untuk lokasi-lokasi dengan kondisi pemasangan yang berat. Kami memfokuskan pada Jembatan Matsubara yang pekerjaan pemasangannya paling sulit dalam konstruksi untuk Shinkansen saat ini.

Jembatan Matsubara

• Lokasi dan Garis Besar Struktur

Pembangunan Jembatan Matsubara dilaksanakan dalam kondisi terberat untuk proyek jembatan Shinkansen Kyushu karena kendala-kendala ruang konstruksi dan waktu pengerjaan. Gbr. 1 (b) menunjukkan Shinkansen Kyushu dijadwalkan untuk dibuka pada bulan Maret 2011. Jembatan Matsubara dibangun dekat sebuah stasiun besar jalur konvensional.

Gbr. 2 (a) menunjukkan tampak udara jembatan.

Jalur yang baru mengarah ke pusat kota Kurume yang mempunyai populasi lebih dari 300.000 di atas wilayah sekitar 200 km². Lokasi konstruksi berada di antara daerah industri padat dan daerah pemukiman padat. Oleh karena itu infrastruktur sosial harus dibangun di lokasi tersebut yang sempit dan sekitar jalur rel eksisting yang masih berfungsi. Lebih jauh lagi, lokasi konstruksi memiliki ruang kerja yang sangat terbatas karena terlalu banyak bangunan dan sangat berdekatan dengan rel eksisting. Untuk itu, jembatan gelagar komposit baja-beton dan dermaga rangka portal baja dipilih sebagai tipe struktural Jembatan Matsubara, seperti terlihat pada Gbr 2 (b).

• Struktur Jembatan Matsubara

Gbr. 2 (c) menunjukkan garis besar struktur Jembatan Matsubara. Jembatan ini terdiri dari sederet jembatan gelagar kotak komposit baja-beton an panjangnya mencapai 1.243 m, terpanjang diantara jembatan yang ada di sepanjang jalan rel yang ada di Jepang. Superstruktur terdiri dari sebuah gelagar kotak sederhana, 4 gelagar kotak menerus tiga bentang, dan 2 gelagar kota menerus empat bentang. Gelagar sederhananya adalah struktur satu kotak dengan tinggi badan 3,5 m dan panjang gelagar 85 m untuk melintasi jalan yang lebar. Gelagar menerus lainnya memiliki struktur dengan dua kotak paralel dengan tinggi badan 2,8 m dan panjang gelagar 60 m. Substruktur terdiri dari 16 dermaga rangka portal baja dengan bentang sekitar 25 m yang melayang di atas rel eksisting dan 6 dermaga beton bertulang untuk bagian lainnya.

Gbr. 1 Jalan Rel di Jepang

Gbr. 2 Jembatan Matsubara

• Kendala Ruang dan Waktu

Superstruktur Jembatan Matsubara harus dipasang di atas jalur jalan rel. Jalur eksisting merupakan jalur sibuk yang dilalui lebih dari 340 kereta perhari. Dengan ruang yang demikian terbatas, kami harus melakukan pekerjaan tidak hanya pemasangan gelagar dan dermaga melainkan juga pekerjaan persiapan seperti perakitan bagian-bagian dari superstruktur. Terlebih lagi, pekerjaan pemasangan diatas rel eksisting harus di selesaikan dalam waktu 200 menit tiap waktu kerja malam hari. Dalam situasi ini, penjadwalan dan manajemen menjadi sangat penting karena perpanjangan waktu pengerjaan tidak dimungkinkan dan kesalahan atau kecelakaan kecil dapat berdampak sangat buruk pada pengoperasian

jalur kereta eksisting.

• Metode Rotasi Pengimbang untuk Balok Silang Dermaga Rangka Portal

Untuk pemasangan balok silang dermaga rangka portal, tidak terdapat ruang kerja yang memadai disekitar rel eksisting untuk pelaksanaan pemasangan dengan metode biasa seperti metode pemasangan dengan derek. Metode pemasangan blok besar juga tidak mungkin karena dengan metode ini dibutuhkan lajur lebar menuju lokasi dengan derek besar. Lebih jauh, pekerjaan pemasangan harus diselesaikan dalam waktu kerja malam yang singkat, seperti telah disebut diatas.

Metode rotasi pengimbang merupakan metode baru yang dikembangkan untuk pekerjaan konstruksi ini, yang memungkinkan pemasangan balok silang dalam kondisi seperti ini. Gbr. 3 menunjukkan garis besar metode rotasi imbang. Sebelumnya, balok silang di rakit sejajar dengan rel eksisting

Gbr. 4 menunjukkan peralatan rotasi. Setelah balok silang yang dirakit disambung dengan pengimbang, balok silang disokong ladam poros (*pivot shoes*) seperti terlihat pada Gbr. 4 (a). Kemudian balok silang diputar horisontal pada kolom dengan menggunakan alat rotasi. Rotasi di ruang sempit dapat dilakukan dengan penggunaan alat kecil ini yang dikombinasi dengan dongkrak klevis, yang memberikan gaya ke arah putaran dengan adanya reaksi alat klem hidro, seperti ditunjukkan pada Gbr. 4 (b). Penggunaan dua dongkrak klevis secara simetris memungkinkan pengontrolan hanya dengan pemberian sedikit gaya.

Setelah rotasi, balok silang dihubungkan ke kolom di sisi lain rel eksisting. Sambungan bidang untuk dermaga rangka dibuat terutama dengan pengelasan, tetapi hubungan baut digunakan untuk sambungan balok silang yang diputar untuk menyingkat waktu kerja di atas rel eksisting.

Gbr. 5 (a) menunjukkan pekerjaan perakitan balok silang. Gbr. 5 (b) menunjukkan pekerjaan rotasi. Rotasi balok silang dilakukan hanya dalam 30 menit.

Gbr. 3 Metode Rotasi Pengimbang

Gbr. 4 Alat Rotasi

Gbr. 5 Pemasangan Balok Silang Dermaga Rangka Baja

• Metode Luncur Pemasangan Superstruktur

Seperti disebut di atas, tidak terdapat ruang yang cukup untuk instalasi superstruktur dengan derek tekuk ataupun derek besar. Metode pemasangan transfer

lateral juga tidak mungkin dilakukan karena membutuhkan waktu lebih banyak dan area sepanjang satu yard (0.9144 m) di samping lokasi. Dalam situasi demikian, kami menerapkan metode instalasi gelagar utama.

Gbr. 6 menunjukkan garis besar pekerjaan pemasangan superstruktur. Pertama, seksi konstruksi dibagi menjadi dua: 595 m dan 648 m. Pada tiap seksi, superstruktur dirakit pada siang hari di lapangan perakitan di atas superstruktur terdekat yang sudah dibangun. Gelagar yang telah dirakit kemudian diluncurkan dari lapangan perakitan pada malam hari. Gelagar utama disambung di lapangan dengan pengelasan dengan pertimbangan lansekap, pengurangan penggunaan baja dan kemudahan peluncuran.

Untuk memungkinkan peluncuran kontinyu, gelagar yang dirakit disambungkan satu sama lain dengan hubungan sementara (Gbr. 7 (c)) menjadi dua blok besar. Gelagar sambung kemudian didorong keluar dari kedua seksi ke arah pusat jembatan, seperti ditunjukkan pada Gbr. 7 (a) dan (b). Panjang luncuran total merupakan yang terpanjang diantara jembatan jalan rel di Jepang dan juga terpanjang diantara jembatan gelagar-kotak di Jepang termasuk jembatan jalan raya. Gbr. 7 (d) menunjukkan alat peluncuran menggunakan *caterpillar*, yang memungkinkan peluncuran dalam 120 menit untuk mendorong keluar sebuah bentang. Gelagar-gelagar ini memiliki lengkung dengan jari-jari 5.000 m, akan tetapi alat yang digunakan dapat mengontrol posisi superstruktur saat instalasi. Untuk menjamin keselamatan dan ketepatan kerja, kami memonitor gaya pemasangan (*erection*), posisi dan gaya reaksi secara langsung selama instalasi, dan membandingkannya dengan hasil analisa perhitungan rangka tiap tahap pekerjaan. Setelah pemasangan, sambungan sementara dipotong dan gelagar didongkrak ke bawah tersusun seperti pada Gbr. 7 (e). Pekerjaan ini membutuhkan sekitar satu bulan untuk merakit gelagar satu-bentang. Pekerjaan peluncuran gelagar membutuhkan satu malam untuk sebuah bentang dan membutuhkan 21 malam secara keseluruhan. Total waktu instalasi adalah 14 bulan.

Gbr. 6 Pemasangan Luncur untuk Superstruktur

Gbr. 7 Pemasangan Luncur untuk Superstuktur (foto)

Kesimpulan

Dalam pembangunan jalan rel kecepatan-tinggi Shinkansen baru-baru ini, perhatian utama dalam

disain bergeser dari struktur menjadi metode pemasangan karena sulitnya kondisi sekitar. Dengan menerapkan metode rotasi imbang dan metode pemasangan luncur, kami berhasil membangun Jembatan Matsubara dengan aman dan tepat waktu, dan tanpa menghentikan layanan jalur eksisting. Belum pernah ada jembatan di Jepang yang dibangun menerus dengan panjang demikian diatas jalur transportasi.

Penggunaan jalan rel unggul dalam hal konservasi lingkungan dan kebutuhan akan efisiensi energi. Sejak peluncuran Shinkansen pertama tahun 1964, telah banyak negara yang membangun jalan rel kecepatan tinggi. Juga ada banyak negara yang sedang merencanakan jalan rel kecepatan tinggi. Kebutuhan pembangunan jembatan di pemukiman padat juga meningkat. Kami yakin bahwa pengalaman yang kami peroleh dalam pembangunan Jembatan Matsubara akan sangat membantu para perencana jalan rel.

Kami berusaha untuk semakin mengembangkan ragam penerapan struktur baja yang memiliki kapabilitas konstruksi yang unggul dan durabilitas yang tinggi.

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 11~12)

Disain Struktural Bangunan Stasiun Hyugashi

Oleh Mamoru Kawaguchi
Profesor Emeritus Universitas Hosei (Representatif,
KAWAGUCHI & ENGINEERS)

Dua pendekatan uji coba digunakan dalam disain struktural bangunan stasiun Hyugashi di Prefektur Miyazaki.

Yang pertama adalah adopsi struktur komposit kayu-baja. Adopsi struktur ini memungkinkan penggunaan kayu cedar Jepang, produk utama Prefektur Miyazaki, yang memiliki material struktur yang menarik secara visual, memiliki bobot, kekuatan, kekakuan dan daya tahan yang memadai untuk dibuat elemen rangka atap yang mampu menutupi ruang terbuka bangunan stasiun. Disain struktural demikian tidak mungkin dihasilkan dengan hanya menggunakan kayu laminasi.

Teknologi berikutnya adalah adopsi elemen laminasi yang terdiri dari beberapa seksi. Sekalipun banyak contoh elemen laminasi digunakan untuk membentuk struktur monolitik lengkung, adopsi

elemen laminasi lengkung dengan beberapa bagian merupakan teknologi uji coba yang, walaupun ada, jarang dijumpai di bangunan stasiun ataupun bangunan umum Lainnya.

Garis Besar Bangunan Stasiun

Hyugashi (Kota Hyuga), yang terletak di utara Prefektur Miyazaki, merupakan pusat kehutanan daerah. Daerah tersebut memiliki iklim yang hangat, tapi juga merupakan jalur angin topan.

Untuk memperoleh transparansi visual dan disain struktur yang ringan yang pantas untuk menjadi simbol Kota Hyuga dan yang dibutuhkan untuk konstruksi bangunan stasiun Hyugashi, dilakukan Studi arsitektur dan perkotaan yang berhubungan dengan bangunan stasiun, jalan rel layang dan bangunan kota. Hasilnya, diputuskan bahwa rencana struktur untuk penutup bangunan stasiun akan digunakan struktur kayu tertutup penuh dengan bentang sekitar 12,7 m dan luas atap sekitar 2.000 m² yang akan menutupi kereta ekspres dengan panjang 100 m secara keseluruhan (Gbr. 1). Selanjutnya, direncanakan dibuat kanopi sepanjang bangunan stasiun pada tiap sisinya dengan ketinggian 7~11 m yang akan dihubungkan ke jalan rel layang. Secara struktural, kanopi disokong oleh kolom ringan dan dihubungkan dengan rel layang agar diperoleh stabilitas yang cukup terhadap angin kuat dan gaya horisontal yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Struktur kanopi terdiri dari rangka atap kayu yang menjorok keluar pada rangka baja dan gelagar H yang ditopang oleh dua baris kolom pipa baja. Pengaturan kanopi yang estetis menghasilkan stabilitas konfigurasi arsitektural pada keseluruhan bangunan stasiun. (Lihat foto 1 dan 2)

Gbr. 1 Seksi Bangunan Stasiun Hyugashi
Foto 1 Tampilan bangunan stasiun Hyugashi
Foto 2 Tampak dalam anjungan

Tipe dan Fitur Struktural

Karena bangunan stasiun Hyugashi merupakan bangunan stasiun dengan kolom-kolom pada tepi luar jalan rel layang, terdapat beberapa kendala spasial, seperti: garis batas bangunan berada di luar bangunan dan garis batas jalan rel berada pada bangunan. Untuk membentuk struktur komposit kayu-baja dan untuk menjamin kekakuan dan kekuatan yang dibutuhkan untuk menahan angin kuat dan gempa bumi dengan kendala diatas, maka tugas utama adalah menentukan

jenis struktur untuk diadopsi.

Berbagai ide diuji, dan sebagai hasilnya, diputuskan untuk mengadopsi rangka komposit dengan elemen laminasi dari cedar Jepang, yang merupakan produk utama Prefektur Miyazaki, yang disusun pada seksi diatas balok dan dari bawah disokong kolom baja H dan elemen diagonal pipa baja. Jarak antar elemen rangka laminasi adalah 3 m.

Atap silindrisnya berada pada pusat seksi kayu dengan estetis. Untuk mendisain atap demikian, dibutuhkan elemen bentuk busur. Untuk tujuan tersebut, diusahakan mengurangi beban pada elemen balok horisontal (elemen lentur) pada tengah bentang melalui penggunaan lengkung sebagai elemen dengan daya dorong sehingga pada akhirnya dapat dibentuk rangka ringan.

Konfigurasi seksi di bawah elemen balok horisontal menggunakan kolom H ($H-300 \times 150 \times 6,5 \times 9$) dan elemen pipa baja diagonal (diameter $114,3 \times 6,0$). Rencana struktural yang diadopsi menggunakan rangka bresing sudut menyilang bentang dan struktur bresing ditempatkan sepanjang garis bubungan, dengan elemen laminasi dan busur disokong dengan elemen-elemen pipa baja diagonal dengan konfigurasi tiga dimensi.

Pada pembebanan vertikal, tidak terjadi momen lentur besar pada elemen struktural manapun dikarenakan adopsi busur kayu dan perangkaan bresing sudut seperti disebut di atas. Akan tetapi, beban horisontal yang ditimbulkan oleh gempa bumi dan angin mengakibatkan momen lentur besar pada balok kayu (Gbr. 2). Sebagai pemecahannya, diharapkan balok dikonfigurasi sedemikian sehingga tahan terhadap momen lentur.

Untuk menghasilkan elemen-elemen laminasi multi potongan yang melengkung seperti disyaratkan, diterapkan pendekatan seperti pada Gbr. 3.

- 1) Pertama, elemen bentuk-S diproduksi dengan menggunakan metode biasa.
 - 2) Elemen-elemen yang persiapan tersebut dipotong linier sehingga terbagi dua sama besar.
 - 3) Bagian atas ditempatkan di bawah bagian bawah sedemikian sehingga saling melekat, sebuah lapisan memanjang ditambahkan pada tepi bagian atas dan bagian bawah untuk membungkus kedua bagian. Kemudian, elemen terbungkus dipotong pada titik terendahnya.
 - 4) Kedua elemen potongan disambung di lokasi pada titik pemotongan untuk melengkapi balok.
- Elemen-elemen yang telah dibuat kemudian diangkat

ke lokasi, dan dirakit di tempat dengan elemen busur dan penyokong (Foto 3). Elemen-elemen yang dirakit ini diangkat dan ditempelkan pada rangka bresing sudut baja (Foto 4). Keseluruhan perangkaan bangunan stasiun ini dirampungkan dengan cara diatas.

Gbr. 2 Momen Lentur Balok oleh Gaya Horisontal

Gbr. 3 Gambar Konsep Metode Manufaktur Elemen Laminasi Lengkung dengan Seksi Berragam

Foto 3 Perakitan di muka tanah elemen-elemen gelagar laminasi

Foto 4 Pengangkatan elemen laminasi

Rasional Pemanfaatan Perangkaan pada Struktur Komposit

Realisasi metode perangkaan diatas telah membawa ke formasi perangkaan yang menawarkan kekakuan dan kekuatan yang memadai tidak hanya terhadap beban vertikal tetapi juga beban horisontal, dalam arah bentang dan arah bubungan.

Sekalipun terdapat keterbatasan ruang dalam pembangunan bangunan stasiun dengan penutup penuh, ternyata dimungkinkan untuk berhasil menciptakan perangkaan yang memenuhi baik persyaratan arsitektural maupun struktural dengan menggunakan elemen-elemen kayu cedar laminasi yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah. Dapat dikatakan bahwa keberhasilan ini terutama karena aplikasi struktur komposit kayu-baja sejalan dengan prinsip: "material tepat untuk tempat yang tepat,"

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 13~14)

Disain Struktural Bangunan Stasiun Kochi

Oleh Mamoru Kawaguchi

Profesor Emeritus Universitas Hosei

(Representatif, KAWAGUCHI & ENGINEERS)

Kota Kochi terletak di pusat Prefektur Kochi dan di tengah-tengah industri kehutanan yang maju. Kota ini diuntungkan dengan adanya iklim yang hangat, tetapi sekaligus juga diketahui berada dalam jalur topan. Oleh karenanya, dalam merencanakan disain struktur, perlu memberi perhatian besar pada keberadaan angin.

Disain dasar bangunan stasiun Kochi menampilkan rangka bentuk kubah yang menaungi rel layang dari sisi selatan rel ke bagian atas kanopi pintu masuk di

sisi utara (rangka kaku komposit beton bertulang baja) yang berdiri terpisah dari rel layang di plaza stasiun. Disain struktur bangunan ini dibuat berdasarkan penggunaan cedar Jepang yang dihasilkan di Prefektur Kochi.

Selanjutnya, kanopi jalan masuk selatan adalah sebuah struktur baja dengan tinggi 13.5 m yang terletak di sebela selatan jalan rel layang. Kanopi didisain untuk menghubungkan jalan rel layang, dan karena struktur layang memiliki stabilitas terhadap faya horisontal dari gempa bumi dan angin keras, kanopi didisain untuk ditopang dengan kolom tipis.

Garis Besar Struktur

Atap bangunan stasiun Kochi memiliki konfigurasi bentuk kubah dengan bentang sekitar 39 m dan panjang sekitar 60 m, dan ketinggian maksimum 23,4 m. Elemen tali busur atas pembentuk kubah dipasang dengan interval 4,5 m dan menaik dari kanopi jalan masuk utara. Karena pekerjaan konstruksi harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tidak menahan pengoperasian jalan rel di daerah penempatan kanopi sisi selatan, maka dipilih sebuah jenis struktur dimana kaki busur sisi selatan tidak terus ke permukaan tanah melainkan menempel pada struktur layang yang menopang rel.

Sementara itu, untuk menyediakan jarak bebas untuk kereta, bentuk kaki-anjing diadopsi untuk atap pada sisi selatan struktur layang, sehingga secara keseluruhan atap berbentuk busur simetris (Gbr. 1 dan Foto 1). Elemen tali busur bawah terletak diantara dua elemen tali busur atas dan membelah menjadi dua cabang di ujung untuk bersambung ke lengkung tali busur atas. Akan tetapi, di sisi selatan struktur layang, elemen tali busur bawah bersambung ke elemen tali busur atas dekat titik lipat kaki-anjing untuk mempertahankan jarak bebas yang dibutuhkan bagi kereta. Untuk menjamin tahanan horisontal struktur arah timur-barat di bawah titik ini pada ketiga telukan dekat ujung timur dan barat struktur, dipasang sistim yang terdiri dari bresing-x yang melewati level ini. (Lihat foto 2)

Ketinggian maksimum busur adalah 2,8 m, dan tali busur atas dan bawah dirakit secara tiga dimensi dengan menggunakan elemen kisi. Elemen tali busur atas terdiri dari cedar laminasi, tidak termasuk kaki-anjing, dan tali busur bawah dan elemen diagonal terbuat dari pipa baja.

Gbr. 1 Seksi Gedung Stasiun Kochi

Foto 1 Tampilan gedung stasiun Kochi
Foto 2 Tampak dalam atap besar

Fitur dan Sistim Struktur

Struktur kayu biasanya kurang efisien dalam mentransfer tegangan tarik dan tegangan tekuk pada titik buhul dibandingkan dalam mentransfer tegangan tekan. Oleh karena itu, pendekatan berikut diterapkan. Yaitu, elemen cedar laminasi (150×900 , pada struktur dinding ganda) digunakan untuk elemen tali busur atas dimana yang dominan adalah gaya tekan; profil H ($H-800 \times 250 \times 16 \times 25$; seksi berbeda-beda) digunakan untuk menangani tegangan tekuk besar yang bekerja sekitar kaki anjing di ujung selatan busur, dan pipa baja (diameter 190.7×23 untuk tali busur; diameter 114.3×15 atau 9 untuk elemen diagonal) digunakan untuk tali busur bawah dan elemen diagonal dimana gaya tarik lebih dominan.

Dengan cara ini, stuktur komposit kayu dan baja diadopsi dengan cara konsisten dengan prinsip “material tepat untuk tempat yang tepat” dimana baja dipasangkan dengan kayu untuk menahan tarik dan momen tekuk yang besar karena kayu tidak cukup kuat untuk menahannya.

Pada gedung stasiun, karena elemen diagonal yang dirakit tiga dimensi berfungsi sebagai bresing sebidang untuk atap dan bresing tahan gempa, gaya horisontal yang bekerja selama ada beban angin dan gempa bumi secara luwes disalurkan ke struktur jalan rel layang pada arah transversal dan longitudinal.

Agar dapat menyalurkan gaya dengan luwes antara elemen cedar tali busur atas dan elemen baja, maka didisain detail-detail khususnya. Sementara gaya tekan terjadi di kaki utara elemen busur laminasi pada saat pembebanan vertikal, ada kasus dimana gaya tarik dapat terjadi selama pembebanan gempa dan angin sehingga dibutuhkan penyaluran yang aman bagi gaya ini ke fitting angkur metal di dasar kolom. Dalam kasus demikian, pada metode penyambungan konvensional umum dilakukan penyisipan pelat baja dengan beberapa lubang ke elemen kayu untuk dimasukkan baut, pin beralur, atau jenis lain potongan besi, sehingga terjadi penyaluran gaya antara kayu dan baja melalui geser dan tekuk potongan baja yang disisip.

Pada bangunan stasiun Kochi, pendekatan konvensional demikian ditolak karena lebih dipilih metode baru dimana sebuah pelat baja tebal disisip ke dalam lubang kotak yang dibuat di dasar tiap elemen kayu; pelat baja tersebut kemudian dikencangkan dengan baut ke angkur metal yang ditanam di luar

batang kayu (Gbr. 2, Foto 3). Metode penggabungan ini memungkinkan elemen kayu memberikan daya dukung yang besar.

Penggabungan elemen kayu laminasi dan elemen kisi dilakukan dengan menggunakan fitting detail berdasarkan konsep yang sama di atas. Sebuah elemen dengan lidah berbentuk silang di sambung dengan las ke pelat baja dimana terdapat elemen kisi; takikan sesuai dengan lidah dibuat terlebih dahulu pada elemen laminasi; dan lidah sambungan kemudian disambung tumpuk diantara kedua batang laminasi. Pelat baja diberikan sambungan tarik dengan elemen laminasi menggunakan baut dengan cara serupa dengan yang digunakan untuk ujung utara kaki yang disebut diatas (Gbr. 5, Foto 4)

Gbr. 2 Perakitan dan Gambar Detil untuk Kaki Kolom sisi-Utara

Foto 3 Kaki kolom sisi-Utara

Perakitan dan Gambar Detil untuk Sambungan Kayu Laminasi-kisi

Foto 4 Sambungan kayu laminasi-kisi

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 15~16)

Disain Hubungan Struktur Komposit

Baja

Oleh Koichi Minami, Universitas Fukuyama; Toshiyuki Fukumoto, Kajima Corporation; dan Kenji Nishiumi, Nippon Steel Corporation

Buku Petunjuk Disain untuk Hubungan pada Struktur Komposit Baja-Beton

Sebuah struktur komposit terdiri dari material berbeda atau berragam elemen struktur dan sistim dengan cara menurut prinsip: “material yang tepat untuk tempat yang tepat.” Dibandingkan dengan sistim struktur konvensional, suatu struktur komposit menawarkan kebebasan yang lebih tinggi dalam hal konfigurasi struktur, dalam hal ini keselamatan, produktifitas, keuntungan ekonomis, ruang arsitektural dan lansekap struktural.

Karena struktur komposit membutuhkan penggabungan beberapa material struktur, elemen, dan sistim untuk melengkapi konstruksi komposit, banyak metode penyambungan yang telah diusulkan. Akan tetapi, belum pernah dibuat model transfer tegangan ataupun metode penilaian performa struktur yang

umum atau fundamental bagi struktur komposit. Oleh karena itu, verifikasi keamanan struktur saat ini tergantung pada percobaan.

Untuk memecahkan masalah ini, Masyarakat Konstruksi Baja Jepang telah menciptakan “Kelompok Kerja untuk Persiapan *“Buku Pedoman Disain untuk Hubungan Struktur Komposit”*” untuk pembuatan metoda fundamental atau umum untuk menilai performa struktur (kekuatan, kapasitas deformasi, transfer tegangan, dll.) hubungan yang digunakan dalam struktur komposit baja-beton di bidang konstruksi bangunan dan rekayasa sipil. Sebagai tahap pertama, Kelompok ini mengumpulkan teknologi dan spesifikasi disain yang ada di bidang tersebut dan menguji penyetop geser (*shear stoppper*) dan metode penilaian performa yang umum di kedua bidang untuk menentukan yang dapat diterapkan untuk hubungan struktur komposit di masa datang.

Setelah segala usaha pengumpulan dan pemeriksaan diselesaikan, Kelompok menerbitkan *Buku Pedoman untuk Hubungan Struktur Komposit Baja-Beton*. Buku ini terdiri dari tiga bagian: hubungan bagi struktur komposit (penyetop geser, adhesi) yang umum pada konstruksi bangunan dan rekayasa sipil; hubungan dalam struktur komposit yang digunakan dalam konstruksi bangunan; dan hubungan dalam struktur komposit yang digunakan dalam rekayasa sipil. Garis besar *Buku Pedoman* adalah sebagai berikut:

Bagian 1: Hubungan pada Struktur Komposit yang Umum bagi Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

Struktur komposit didefinisikan dan dibuat klasifikasinya. Struktur komposit diklasifikasi ke dalam dua tipe: komposit dan campur. “Struktur Komposit” adalah istilah umum bagi struktur yang terdiri dari elemen-elemen komposit, dan “elemen-elemen komposit” berarti elemen dimana dua material berbeda, baja dan beton, digabungkan pada tingkat potongan melintang. Sebaliknya, “struktur campur” biasanya berarti struktur yang berupa gabungan beberapa elemen berbeda.

Berikutnya, dengan mengambil hubungan aksial dan transversal menjadi hubungan yang serupa dengan yang digunakan dalam konstruksi bangunan and rekayasa sipil, dibuat perbandingan antara metode hubungan yang digunakan dalam kedua bidang. Mekanisme transfer beban untuk hubungan aksial diklasifikasikan menjadi mekanisme yang menggunakan gaya dukung dan geser dengan gaya

ungkit dan mekanisme yang menggunakan penyetop geser. Yang pertama biasanya diadopsi dalam konstruksi bangunan, dan yang kedua dalam rekayasa sipil. Alasan utama perbedaan ini terletak pada kenyataan bahwa mekanisme resistensi berubah sesuai dengan kekakuan elemen-elemen baja dan gaya konstrain elemen-elemen baja-beton. Hal ini berarti struktur bangunan dengan lebih banyak seksi dinding tebal dan gaya konstrain lebih tinggi, mekanisme pertama menjadi dominan, dan dalam bidang struktur rekayasa sipil dengan lebih banyak dinding tipis dan gaya konstrain rendah, mekanisme kedua yang lebih dominan.

Sebaliknya, mekanisme transfer beban dalam hubungan kolom-ke-balok diklasifikasikan menjadi mekanisme yang membentuk kekuatan akhir beton tekan dan kekuatan dukung bila gaya konstrain cukup dan mekanisme yang menggunakan penyetop geser dan elemen baja tulangan geser bila gaya konstrain tidak cukup. Yang pertama biasanya diadopsi dalam struktur bangunan, dan yang terakhir dalam struktur rekayasa sipil. Akan tetapi, bila rentang aplikasi struktur diperluas, perlu diadopsi mekanisme yang menyertakan fitur yang dibutuhkan dalam kedua bidang.

Di samping itu, diperkenalkan sebuah metode disain yang berhubungan dengan adhesi (adhesi alam dan penyetop geser) dan daya dukung, (kedua elemen transfer beban pada hubungan), dan pendekatan ini digunakan untuk menilai daya dukung beban dari penyetop geser dengan menggunakan analisis numerik.

Bagian 2: Hubungan Struktur Komposit dalam Konstruksi Bangunan

Isi spesifikasi disain yang disiapkan oleh Institut Arsitektur Jepang disusun sistematis untuk memperkenalkan hasil-hasil riset eksperimental dan memperkenalkan metode penilaian performa struktur sebagai pencapaian riset terbaru. Hubungan yang dimaksud adalah beton bertulang baja (*steel-reinforced concrete, SRC*), beton-pipa baja dan struktur komposit pipa baja isi beton (*concrete-filled steel tube, CFT*); balok komposit; dan struktur balok komposit/ kolom beton bertulang-rangka baja.

Untuk hubungan struktur *SRC*, data tentang adhesi, properti fundamental yang dibutuhkan untuk hubungan kolom-ke balok (Gbr. 1), dasar kolom, sambungan, dan hubungan lainnya, dikumpulkan dan diperiksa. Struktur pipa baja-beton (Gbr. 2) biasanya diklasifikasi ke dalam tiga jenis menurut jenis member kolom yang digunakan: jenis isian dimana beton diisikan ke dalam

pipa, jenis selubung dimana beton bertulang diselubungkan sekeliling bagian luar pipa, dan tipe isian/selubung.

Jenis isian dikenal sebagai *CFT*, dan hubungan kolom-ke-balok jenis isian/selubung dimasukkan juga ke dalam *Buku Pedoman*. Struktur *CFT* semakin banyak diadopsi untuk bangunan tinggi dikarenakan properti strukturalnya yang unggul dan keuntungan ekonomis. Data hubungan kolom-ke-balok (Gbr. 3), kaki kolom, sambungan dan adhesi dalam struktur *CFT* dikumpulkan dan diperiksa.

Untuk balok komposit, diperkenalkan disain mekanisme transfer tegangan untuk hubungan balok komposit dimana balok rangka baja dan lantai beton bertulang (*RC*) dipadukan dengan menggunakan penyetop kepala (*headed stud*) (penyetop geser) untuk membentuk balok bentuk-T. Disain mekanisme transfer tegangan juga diperkenalkan untuk hubungan balok baja panjang dimana kedua ujung balok dibentuk menggunakan struktur beton bertulang (*RC*) (menjadi *SRC*) dan seksi tengah tetap dengan struktur rangka baja. Selanjutnya, dikumpulkan dan diperiksa data mengenai kinerja struktural dan metode disain untuk hubungan kolom-ke balok dalam struktur kolom beton bertulang-balok baja (Gbr. 4)—struktur campur menggunakan member dengan material berbeda dengan cara “material yang tepat untuk tempat yang tepat”.

Gbr. 1 Hubungan Balok-ke-kolom Struktur SRC

Gbr. 2 Hubungan Kolom-ke-Balok Struktur Pipa Baja-Beton³⁾

Gbr. 3 Hubungan Kolom-ke-Balok Struktur CFT

Gbr. 4 Hubungan Kolom-ke-Balok Struktur Campur Kolom RC-Rangka Baja⁴⁾

Bagian 3: Hubungan dalam Struktur Komposit dalam Rekayasa Sipil

Karena spesifikasi disain untuk gelagar dan kolom komposit dalam bidang rekayasa sipil telah ditentukan oleh Masyarakat Insinyur Sipil Jepang dan organisasi terkait lainnya, maka diperkenalkan sebuah metode penilaian performa struktur berdasarkan riset terbaru dan aplikasi aktual hubungan dalam struktur komposit yang penggunaannya kini semakin berkembang. Struktur target meliputi gelagar komposit, jembatan dengan struktur campur, jembatan dengan superstruktur/ substruktur terintegrasi dan pondasi komposit.

Untuk gelagar dengan seksi komposit, terdapat dua

contoh: jembatan *PC* web rangka baja dan jembatan *PC* web pelat baja gelombang (Gbr. 5), dimana slab *PC* digunakan untuk lantai atas dan bawah dan elemen rangka baja atau pelat baja gelombang digunakan untuk badan. Jembatan struktur campur ini diterapkan untuk struktur jembatan seperti jembatan kabel komposit, jembatan komposit besar dan jembatan gelagar campur dimana gelagar baja dan gelagar beton disambung searah sumbu jembatan. Jembatan terpadu superstruktur/substruktur (Gbr. 6) digunakan untuk jembatan rangka baja kaku campur dimana gelagar baja dan dermaga *RC* disambung cara kaku. Pondasi komposit meliputi struktur pondasi jenis satu-kolom/satu-tiang dimana kolom baja (kolom komposit) dan pondasi tiang beton bertulang (*RC*) disambung. Jenis hubungan jembatan-jembatan ini diklasifikasi dan diperkenalkan metode disain untuk tiap jenis hubungan.

Gbr. 5 Jembatan *PC* Web Baja Pelat Gelombang
Gbr. 6 Jembatan Jenis Superstruktur-Substruktur Terpadu

Pedoman: Kerangka Kerja untuk Disain Hubungan

Kelompok Kerja menyusun dan memeriksa teknologi eksisting, spesifikasi disain, dan pedoman terkait dengan hubungan yang digunakan dalam struktur komposit, yang hasilnya digabungkan kedalam *Buku Pedoman Disain untuk Hubungan pada Struktur Komposit Baja-Beton*. Dalam buku petunjuk ini, pedoman disain belum ditujukan untuk disain struktur tiap hubungan dari tiap struktur komposit yang akan dikembangkan di masa depan. Akan tetapi, dapat dianggap bahwa kerangka kerja untuk disain hubungan yang komprehensif telah diusulkan di dalam *Pedoman* melalui pengorganisasian dan sistematisasi pedoman yang ada dan contoh kerja di masa depan.

Untuk pengembangan hubungan baru dalam struktur komposit di masa depan, penting untuk mengembangkan pedoman disain struktur yang dapat menilai performa struktural hubungan-hubungan baru ini tanpa pengujian,



Operasi International dan Simposium MKBJ

(Halaman 17)

Medali Anton Tedesko Dianugerahkan kepada President MKBJ Takanashi

Medali Anton Tedesko* adalah penghargaan penting yang diberikan oleh Yayasan *IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering/Asosiasi Rekayasa Jembatan dan Struktur Internasional)* untuk pencapaian dalam rekayasa struktur. Penghargaan ini mempunyai dua kategori: kontribusi nyata bagi pengembangan rekayasa struktur dan pelatihan dan riset bernilai bagi organisasi pihak ketiga oleh peneliti muda yang menonjol. Dr Koichi Takanashi, Presiden MKBJ dianugerahi medali prestisius ini untuk menghargai “kontribusi nyata bagi rekayasa struktur dan usahanya untuk membina peneliti muda di bidang tersebut.”

Dr Takanashi membimbing mahasiswa Universitas Tokyo dan Universitas Chiba yang kini telah mencapai keberhasilannya sendiri. Bidang utama penelitiannya adalah disain plastis dan disain gempa. Banyak lulusan yang mengikuti kuliah Dr Takanashi berperan aktif di berbagai belahan dunia, dan riset-risetnya banyak menyumbang bagi pengembangan struktur baja di dunia.

Kontribusi Dr Takanashi di bidang rekayasa struktur sangat beragam. Ia bertindak sebagai ketua Komite Stuktur Institut Arsitektur Jepang selama empat tahun dan sebagai ketua Komite Evaluasi Bangunan Tinggi Pusat Bangunan Jepang selama delapan tahun dan, lebih lagi, ia adalah orang yang menentukan dalam penyusunan dan pembentukan sistim kualifikasi nasional untuk memperoleh lisensi: Arsitek Disain Struktur Kelas Satu. Baru-baru ini ia terlibat banyak dalam mempromosikan proyek kerja sama antara agen pemerintah yang dikenal sebagai Sistem Struktur Baru Menggunakan Material Stuktur Inovatif. (untuk detilnya, lihat terbitan No. 28 *Steel Construction Today & Tomorrow*). Prestasi-prestasinya disampaikan dalam laporan IABSE.

* Perancang struktur: Walaupun lahir di Jerman, ia aktif di AS dan disebut sebagai bapak cangkang beton dinding-tipis.

(Foto) Dr. Takanashi menerima medali dari perwakilan Yayasan *IABSE* Klaus H. Ostefeld.

(Halaman 17)

Konperensi Baja Struktur Pasifik ke 9

Konperensi Baja Struktur Pasifik (The Pacific Structural Steel Conference (PSSC) adalah konperensi internasional struktur baja, yang diselenggarakan oleh 10 negara: AS, Australia, Kanada, Cina, Cile, Jepang, Korea, Meksiko, Selandia Baru, dan Singapura. Sejak penyelenggaraan pertama pada tahun 1986, konperensi ini dilaksanakan tiga tahun sekali.

Konperensi terakhir merupakan seri kesembilan dan diselenggarakan di Beijing, Cina, selama tiga hari dari 20 Oktober, 2010 berkat Masyarakat Konstruksi Baja Cina. Sekalipun Cile dan Meksiko tidak berpartisipasi dalam konperensi, Inggris, Afrika Selatan dan Hong Kong ikut serta. Total jumlah peserta melebihi 600, dan sejumlah 266 makalah dipresentasikan. Pidato pengantar dan presentasi makalah meliputi tema yang luas berkaitan dengan jembatan dan gedung: disain, konstruksi, farikasi material, perawatan, dan teknologi baru. Selama konperensi, terjadi pertukaran informasi teknologi mutakhir dari negara-negara peserta.

Sebelum konperensi, Dewan Asosiasi Baja Struktur Pasifik (DABSP) (*Pacific Council of the Structural Steel Association (PCSSA)*) mengadakan pertemuan dan memutuskan untuk mengadakan DABSP berikut di Siangapura pada 2013.

(Foto) Gambar Konperensi

(Halaman 18)

Simposium MKBJ 2010 Mengenai Konstruksi Baja Stuktur

Masyarakat Konstruksi Baja Struktur (MKBJ) mengadakan Simposium MKBJ 2010 mengenai Konstruksi Baja Struktur pada tanggal 18 dan 19 Nopember 2010, bekerja sama dengan anggotanya, berbagai komite MKBJ dan organisasi terkait.

Pada sesi panel, pemenang Hadiah Presiden MKBJ dan Hadiah Tesis dibacakan. Dengan jumlah total peserta melebihi 500, simposium ini berfungsi sebagai ajang pertukaran antara peneliti dan insinyur yang terlibat dalam konstruksi baja dan untuk memperoleh informasi. Acara utama simposium diberikan secara garis besar di bawah ini:

Sesi: Meningkatnya Peran Baja Tahan Karat

Saat ini, durabilitas jangka-panjang telah diakui sebagai karakteristik kinerja lingkungan yang utama bagi infrastruktur sosial. Baja tahan-karat, dengan ketahanannya terhadap korosi, menarik perhatian sebagai material struktur yang dapat bertahan dengan baik ketika diaplikasikan dalam lingkungan yang

sangat korosif, di lingkungan dimana sulit melakukan perawatan, dan di berbagai lingkungan lainnya. Hal ini menyebabkan meningkatnya penggunaan baja tahan-karat dalam rentang konstruksi infrastruktur sosial yang luas.

Dalam sesi berjudul “Meningkatnya Peran Baja Tahan-Karat,” definisi, fitur dan keragaman aplikasi baja tahan-karat diperkenalkan dari aspek material. Selanjutnya, diperkenalkan contoh-contoh aplikasi praktis baja tahan-karat dalam fasilitas-fasilitas yang terkait energi, tulangan baja tahan-karat, elemen eksterior dekoratif untuk bangunan, dan rekayasa sipil dan struktur bangunan.

Sesi Rekayasa: Teknologi Sambungan Baut Kekuatan-Tinggi

Tujuan pembentukan Kelompok Kerja Sambungan Baut Tegangan-Tinggi dan tujuan operasi kelompok ini disampaikan. Diantara topik yang disampaikan pada sesi ini adalah sejarah perkembangan teknologi sambungan baut kekuatan tinggi dan aplikasinya di AS dan pengembangan sambungan baut kekuatann-tinggi di Jepang dengan mengacu ke AS. Di samping itu, dibahas topik-topik tentang teknologi saat ini—baut-kekuatan-ultratinggi; faktor selip yang lebih besar; transfer tegangan di depan lubang baut; penilaian kekuatan fraktur robek setempat; sambungan baut tegangan-tinggi dan pemberian tarik; penilaian hubungan antaran tahanan gesek/perlakuan permukaan gesek dan koefisien gesek; dan sebuah metode sambungan baut tegangan-tinggi (metode peringkat tegangan).

KBSP 2010

Untuk rinciannya, silakan mengacu ke “Konperensi Baja Struktur Pasifik ke 9” pada halaman sebelumnya.

Sesi Akademis

MKBJ telah menerbitkan *Journal of the Japanese Society of Steel Construction* setiap tahun sejak 1993. Seiring dengan publikasinya, sebuah kuliah diadakan sebagai sesi akademis, yang digunakan sebagai ajang untuk presentasi makalah dan pertukaran informasi diantara peneliti, insinyur dan mahasiswa yang bergerak di bidang konstruksi baja.

Sesi sekarang ini adalah seri ke 18 dan mencakup kuliah untuk 2010 dan presentasi Hadiah Tesis.

Kuliah Khusus: Keberhasilan dalam Uji Kolaps Getaran untuk Bangunan Struktur-Baja Skala

Penuh

Presentasi ini menggambarkan kolaps gedung 4-lantai yang dilakukan pada *D-Defense* sebagai subjek uji kolaps lengkap, prosedur pemeriksaan eksitasi dan metode pengukuran pada tahap persiapan, dan keputusan yang diambil pada hari uji yang menjadikannya uji paling berhasil di dunia dimana gedung skala penuh dibuat kolaps dengan menggunakan meja guncang. Dalam hal ini, “pengetahuan eksperimental” yang tidak dapat diperoleh dari laporan tertulis dapat dijelaskan. Sehubungan dengan itu, *Associate Professor* Tetsu Yamada dari Institute Teknologi Tokyo memberikan kuliah mengenai informasi acuan dalam mencoba uji-uji baru untuk konstruksi baja disamping uji di atas.

(Foto)

Sambutan Presiden MKBJ Koichi Takanashi
Pertemuan kuliah khusus
Pesta persahabatan



(Sampul 4)

Kepada Pembaca

Mulai terbitan No. 26 *Steel Construction Today & Tomorrow*, Komite Internasional Masyarakat Konstruksi Baja Jepang (MKBJ) mengambil tanggung jawab perencanaan editorial satu dari tiga kali penerbitan pertahun jurnal ini. Sejak peluncurannya, MKBJ sudah melakukan survei, riset dan pengembangan teknologi yang mendukung meluasnya penggunaan konstruksi baja dan untuk meningkatkan teknologi konstruksi baja. Pada saat bersamaan, MKBJ secara reguler memperluas kerjasama dengan organisasi-organisasi internasional terkait.

Setelah penggabungan MKBJ dengan Asosiasi Bangunan Baja Tahan Karat Jepang pada bulan April 2010, bidang operasi MKBJ sekarang tidak hanya meliputi baja karbon tetapi juga baja sangat-tahan-karat. Sebagai akibatnya, kami bermaksud untuk menyebarkan informasi ke seluruh dunia berkaitan dengan bidang konstruksi baja yang lebih luas.

Sebagaimana halnya dengan terbitan No. 29, terbitan sekarang, No. 32, menampilkan pengumuman pemenang Hadiah Presiden MKBJ dan Hadiah Tesis. Topik-topik utama lainnya dalam terbitan ini meliputi disain sambungan struktur komposit; penganugerahan penghargaan Medali Anton Tedesko kepada Presiden MKBJ Koichi Takanashi dan Konperensi Baja Struktur

Pasifik untuk 2010, konperensi internasional yang dihadiri oleh sepuluh negara di wilayah Pasifik; dan Simposium MKBJ 2010 mengenai Konstruksi Baja Struktur, acara tahunan yang diadakan dengan dukungan dari keanggotaan MKBJ dan komite dan organisasi terkait.

Di samping itu, ada fitur khusus mengenai struktur jalan rel yang dibangun dengan elemen-elemen komposit baja. Dengan promosi aktif tentang perbaikan/pengembangan infrastruktur di negara-negara berkembang, fitur ini memperkenalkan jembatan komposit baja-beton seperti yang baru-baru ini telah diselesaikan di Jepang.

Komite Internasional, pada saat menangani berbagai tanggapan terhadap peraturan konstruksi baja, juga mempromosikan pertukaran informasi teknis dan personel dengan organisasi-organisasi dari luar negeri. Sebagai tautan dalam operasi ini, kami berharap bahwa terbitan tahunan ini dapat menyampaikan informasi kepada para pembaca mengenai operasi MKBJ, tren konstruksi baja, dan teknologi dan perkembangan teknologi yang diterapkan dalam perencanaan, disain, dan pembangunan struktur baja di Jepang.

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