

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 55 Desember 2018)

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

Versi Bahasa Indonesia

Versi Bahasa Inggris *Steel Construction Today & Tomorrow* diterbitkan tiga kali dalam setahun dan disirkulasikan ke seluruh dunia kepada para eksekutif, perusahaan perdagangan industri, dan organisasi administratif yang berminat. Tujuan utama publikasi ini adalah memperkenalkan standar dan spesifikasi mengenai konstruksi baja, contoh-contoh proyek konstruksi mutakhir, teknologi dan material konstruksi mutakhir dan lainnya di bidang konstruksi bangunan dan keteknik-sipil. Agar pembaca Indonesia dapat memahami artikel yang ada, disiapkan versi Bahasa Indonesia yang berisi teks saja, dan dilampirkan pada versi Bahasa Inggris. Terkait foto, ilustrasi dan tabel, pada halaman terakhir tiap artikel dilampirkan versi Bahasa Inggrisnya.

Juga, bila dibutuhkan konfirmasi teknis ataupun rincian yang lebih teknis dari sebuah teks, silakan merujuk ke publikasi versi Bahasa Inggris.

No. 55 Desember 2018: Isi

<i>Artikel Fitur: Struktur Komposit Baja-Beton</i>	
Kondisi Terkini Studi Mengenai Struktur Komposit Baja-Beton	_____
1	
Kondisi Terkini Studi dan Riset Mengenai Struktur CFT	_____
5	
Potensi Koneksi Kolom-Balok Tipe Diafragma Luar	_____
9	
Pipa Baja untuk Bangunan dan Struktur CFT	_____
13	
<i>Artikel Serial: Desain Terbaru Bangunan Baja di Jepang (3)</i>	
HIRAKATA T-SITE	_____
15	
Operasi FBBJ	_____
Sampul Belakang	_____
Nomor halaman di atas mengacu pada versi Bahasa Inggris terbitan No. 55	
Versi Indonesia: ©Federasi Besi dan Baja Jepang 2018	

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

Artikel Fitur: Struktur Komposit Baja-Beton

(Halaman 1~4)

Artikel Fitur: Struktur Komposit Baja-Beton (1)

Kondisi Terkini Studi Mengenai Struktur Komposit Baja-Beton

oleh Junichi Sakai, Profesor, Universitas Fukuoka

Artikel berikut memperkenalkan tren terbaru dalam struktur komposit baja-beton. Disamping itu, juga diperkenalkan sebuah studi mengenai struktur baru baja-beton yang sedang kami kembangkan studinya.

Kondisi Terkini Studi Struktur Komposit Baja-Beton

Struktur komposit baja-beton tipikal yang umum digunakan di Jepang adalah ketiga struktur: struktur baja dan beton bertulang (SRC), struktur pipa baja isi beton (CFT) dan struktur campuran kolom beton bertulang-balok baja (RC+S) (Gbr. 1). Struktur CFT adalah struktur yang dapat memanfaatkan fitur struktural *perfobond* pada struktur komposit, dan struktur CFT yang menggunakan member baja mutu tinggi sudah banyak diaplikasikan dalam konstruksi bangunan tinggi. Struktur RC+S merupakan struktur campuran dengan komposisi kolom beton bertulang yang menawarkan rijiditas tinggi dengan keuntungan ekonomis dan balok baja yang memungkinkan bentang struktur lebih panjang sehingga banyak digunakan dalam konstruksi bangunan dengan bentang panjang, fasilitas komersial dan gudang logistik.

Dalam survei tren terkini studi mengenai struktur komposit baja-beton di Jepang, dilakukan analisis pada 102 laporan studi dalam bidang struktur komposit baja-beton yang dipublikasikan dalam Ringkasan Makalah Teknis Pertemuan Tahunan untuk Tahun Fiskal 2018 Institut Arsitektural Jepang (AIJ). Gbr. 2 menunjukkan rincian laporan studi dalam bidang struktur komposit baja-beton. Sebagaimana ditunjukkan dalam gambar, arus utama studi terkini adalah struktur CFT dan RC+S.

Karena luasnya wilayah studi struktur CFT, target utama dalam studi ini adalah pada aplikasi baja mutu super tinggi, kolom CFT bentuk kotak, gerakan seismik periode panjang, kolom ramping dan penulangan baja terpasang (*built-in*).

Dalam studi struktur campuran RC+S, telah banyak studi yang dilakukan mengenai efek perbedaan tingkat (arah tinggi) pada balok baja kanan dan kiri yang

disambung ke kolom RC dan perbedaan eksentrisitas (arah horisontal) pusat balok terhadap pusat kolom yang dapat mempengaruhi perilaku koneksi. Selanjutnya, studi juga telah dilakukan mengenai struktur campur dimana rangka baja digunakan untuk seksi pusat RC pada ujung balok. Disamping itu, terdapat juga banyak studi mengenai penyambungan bresing.

Tidak banyak studi yang dilakukan dalam bidang struktur SRC, akan tetapi semakin banyak studi dalam bidang struktur komposit baja-beton (SC).

Dalam bidang struktur SC, kebanyakan studi menargetkan member struktur dimana batang tulangan baja dihilangkan dari struktur SRC, dan banyak dilakukan studi mengenai member struktural, koneksi kolom-balok dan dinding tahan gempa yang terbuat dari struktur baja dengan selubung beton (CES) menggunakan beton serat karbon-serat campur. Disamping itu, juga banyak dilakukan mengenai berbagai balok SC termasuk balok pondasi SC dan kolom SC seksi oktagon. Kolom SC seksi oktagon akan dijelaskan lebih lanjut.

Dalam hal jumlah kontribusi pada Pertemuan Tahunan AIJ untuk Tahun Fiskal 2008, walaupun jumlah keseluruhannya menurun, terlihat bahwa studi mengenai konektor geser mekanis dan plastis tulangan serat cenderung meningkat. Dalam konstruksi bangunan di Jepang, kepala sambungan geser (*head stud*) sudah banyak diaplikasikan sebagai cara untuk transfer tegangan antara baja dengan beton, dan bahkan menimbulkan kekhawatiran akan meningkatnya penggunaan *head stud*. Mengatasi situasi demikian, saat ini sedang ditingkatkan studi mengenai konektor *perfobond* di bidang teknik sipil untuk konstruksi bangunan.

Gbr. 3 menunjukkan contoh hasil uji tekan/tarik yang dilakukan dengan memasukkan tiga jenis konektor geser mekanis ke dalam beton—kepala sambungan geser (*head stud*), konektor *perfobond* dan konektor *burring* baru. Bahkan sekalipun untuk spesimen uji yang dipersiapkan dengan menetapkan kekuatan maksimum yang sama bagi *head stud* dan konektor *perfobond*, dapat dilihat dari hasil uji bahwa kekakuan *head stud* rendah tetapi kekakuan konektor tinggi. Selanjutnya, dari gambar, kekakuan dan kekuatan konektor geser *burring* baru yang menggunakan baja *burring* terlihat tinggi, sehingga diperkirakan konektor yang baru ini akan dipakai untuk kegunaan praktis.

Dalam bidang teknik sipil, struktur yang menggunakan plastik bertulang serat (*fiber-reinforced plastics*) (FRP) sudah banyak dibangun, tetapi dikhawatirkan tingginya biaya konstruksi dalam pemasangannya. Dalam bidang konstruksi bangunan, aplikasinya terbatas hanya pada bagian-bagian struktur bangunan. Akan tetapi, FRP menawarkan kinerja struktural tinggi seperti ringan, kekuatan dan kekakuan tinggi, sehingga aplikasinya diperkirakan meningkat di masa depan. Baru-baru ini telah dilakukan studi dan uji eksposur kekuatan member tekan plastis tulangan serat karbon (CRFP) dan aplikasi CFRP dalam *splice plate* sambungan geser baut kekuatan tinggi.

Selain laporan studi yang ditampilkan dalam Gbr. 1 terdapat studi mengenai bresing penahan tekuk, slab komposit, dan komposisi dengan material kayu dan sambungan kepala tiang pipa baja.

Gbr. 1 Struktur Komposit Baja-Beton Tipikal yang Digunakan di Jepang

Gbr. 2 Rincian 102 Laporan Studi Mengenai Struktur Komposit Baja-Beton (Ringkasan Makalah Teknis Pertemuan Tahunan AIJ untuk Tahun Fiskal 2018)

Gbr.3 Hubungan antara Beban dan Slip Konektor Geser Mekanis

Studi Pengembangan Seksi Oktogonal Member Kolom SC

Struktur baja dan beton bertulang (SRC) adalah struktur yang pada mulanya dikembangkan di Jepang yang menawarkan resitensi gempa yang tinggi. Akan tetapi struktur ini membutuhkan susunan batang tulangan dan penempatan beton disamping fabrikasi rangka baja, sehingga menghasilkan proses konstruksi yang kompleks dan meningkatnya biaya konstruksi. Oleh karenanya, walaupun struktur SRC diaplikasikan pada bagian-bagian struktur bangunan, konstruksi bangunan dengan lapisan SRC menurun.

Dengan tujuan untuk lebih memperbaiki ketahanan gempa dan meningkatkan sumber daya manusia dan penghematan tenaga kerja dalam konstruksi SRC, kami saat ini sedang mendorong penelitian ke arah kolom baja-beton (SC) seksi oktagonol seperti pada Gbr. 4. Fitur dinamik kolom SC seksi oktagonol terletak pada kondisi bahwa karena beton yang dikelilingi dengan rangka baja cruciform dapat ditekan dengan penggunaan flens dan web rangka baja, ketahanan lentur dan kapasitas deformasi dapat ditingkatkan. Secara khusus, web rangka baja *cruciform* terletak di pusat seksi kolom, sehingga kolom seksi oktagonol

dapat menahan beban aksial tekan dan menekan kontraksi aksial. Hasilnya, kolom SC seksi oktagonol menunjukkan perilaku deformasi besar yang stabil. Selanjutnya kekuatan lentur dan kekakuan dapat dengan mudah disesuaikan dengan penyesuaian tebal dan lebar flens rangka baja.

Gbr. 5 menunjukkan kondisi *concrete-confined effects* pada test dimana beton seksi oktagonol seragam diberikan beban tekan. Seperti ditunjukkan pada gambar, kekuatan tekan dan kapasitas deformasi beton kolom seksi oktagonol meningkat dibandingkan beton biasa (tanpa tulangan). Karena keterbatasan ruang untuk laporan studi ini, metode analisis tidak dapat dijelaskan, tetapi tetap dapat dimengerti dari gambar bahwa perilaku tekan daripada beton dapat dianalisis dengan mempertimbangkan *concrete-confined effect*.

Gbr. 6 menunjukkan hasil uji dimana beban aksial tetap dan beban lateral siklis diberikan pada kolom SC oktagonol. Terlihat dari gambar bahwa ketika dimensi rangka baja berbeda-beda, kolom oktagonol tetap memiliki ketahanan gempa yang tinggi. Garis mekanisme dalam gambar menunjukkan bahwa kekuatan geser kolom SC saat momen plastis penuh, dengan dihitung menggunakan kekuatan leleh baja dan kekuatan tekan beton, harus terlihat pada kepala dan dasar kolom. Gambar tersebut juga menunjukkan hasil analisis yang memperhitungkan *concrete-confined effects*, dan dapat dikatakan bahwa hasilnya tepat seperti evaluasi dalam gambar.

Gbr. 7 menunjukkan koneksi kolom-balok sebuah struktur rangka campur yang terdiri dari kolom SC seksi oktagonol dan balok rangka baja. Sebagaimana terlihat dalam gambar, diusulkan untuk menggunakan detail sambungan las diafragma luar dan pengaku vertikal untuk mengkonfirmasi transfer tegangan yang terjadi dalam koneksi kolom-balok. Selanjutnya, disiapkan dua spesimen uji rangka *cruciform* yang terdiri dari kolom SC seksi oktagonol dan balok rangka baja, dan dilakukan uji dengan pemberian beban aksial pada struktur campur untuk menahan tegangan yang terjadi selama gempa bumi, dan kemudian pemberian beban geser siklis positif/negatif anti-simetrikal pada kedua ujung balok. Gbr. 8 menunjukkan hasil uji yang telah dicapai.

Selama pengujian, desain dibuat sedemikian rupa agar kekuatan ultimit koneksi kolom-balok tercapai sebelum kekuatan ultimit kolom dan balok pada kedua spesimen. Salah satu perbedaan antara kedua spesimen adalah ada atau tidaknya susunan pengaku vertikal pada koneksi kolom-balok. Walaupun kedua spesimen

menunjukkan *hysteresis loop* yang sangat baik dalam hal ketahanan gempa, *strut* tekan beton arah diagonal mungkin terbentuk dalam panel koneksi sebagai akibat adanya susunan pengaku vertikal, dan hasilnya, kekuatan geser daripada koneksi agak meningkat. Selanjutnya, dapat dipastikan efek susunan pengaku vertikal terhadap tertahannya deformasi geser pada koneksi

Dalam instalasi kolom SC seksi oktagonal, susunan batang tulangan tidak dibutuhkan untuk konstruksinya, dan flens rangka baja dapat digunakan sebagai cetakan beton sehingga akan mempermudah pekerjaan konstruksi. Untuk kolom SC seksi oktagonal, direncanakan akan menggunakan beton biasa, dan karenanya tidak dibutuhkan pengawasan mutu tingkat tinggi untuk beton yang digunakan untuk struktur CFT. Untuk itu, kami sedang menguji aplikasi kolom SC seksi oktagonal dalam konstruksi bangunan rendah dan menengah.

Gbr. 4 Potongan Melintang Kolom SC Seksi Oktagonal

Gbr. 5 *Concrete confined Effect* daripada Member Kolom SC Seksi Oktagonal

Gbr. 6 Hubungan antara Kekuatan Geser dan Sudut Rotasi Member Kolom SC Seksi Oktagonal

Gbr. 7 Koneksi Kolom-Balok Struktur Campuran Kolom SC Seksi Oktagonal dan Balok Rangka Baja

Gbr. 8 Hubungan antara Beban dan Deformasi Koneksi Kolom-Balok yang Terdiri dari Kolom SC Seksi Oktagonal dan Balok Rangka Baja

Harapan Besar akan Kolom SC Seksi Oktagonal

Tren studi mengenai struktur komposit baja-beton di Jepang dianalisa berdasarkan literatur referensi 2), dan hasilnya sebagaimana disampaikan di atas. Studi selanjutnya dikembangkan ke arah kolom SC seksi oktagonal baru dan struktur campuran kolom oktagonal-rangka baja yang diharapkan tidak saja akan menghemat sumber daya manusia dan tenaga kerja tetapi juga menawarkan kinerja struktural yang lebih ditingkatkan. Perilaku strukturalnya juga disampaikan di atas.



Junichi Sakai: After receiving the master's degree at the Graduate School of Engineering, Kyushu University in 1989, he became associate professor at the Kyushu University in 2001. He assumed his current position as professor, Department of Architecture, School of Engineering, Fukuoka University in 2007. His specialized field covers structural engineering and steel-concrete composite structures.

Fig. 1 Typical Steel-Concrete Composite Structures in Use in Japan¹⁾

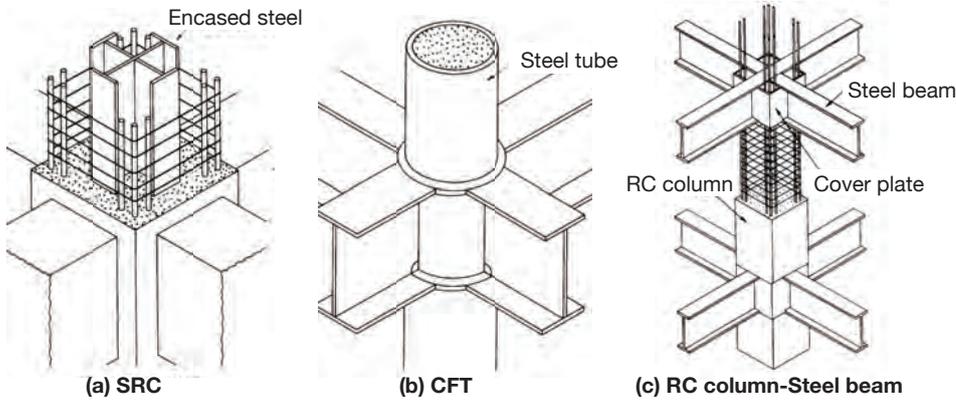
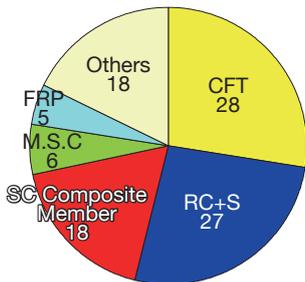


Fig. 2 Breakdown of 102 Study Reports on Steel-Concrete Composite Structures²⁾



CFT: Concrete-filled steel tube
 RC+S: Mixed frame of RC column and steel beam
 M.S.C.: Mechanical shear connector
 FRP: Fiber-reinforced plastics

Total: 102 study reports
 (Summaries of Technical Papers of AIJ Annual Meeting for FY2018)

Fig. 3 Relationship between Load and Slip of Mechanical Shear Connector³⁾

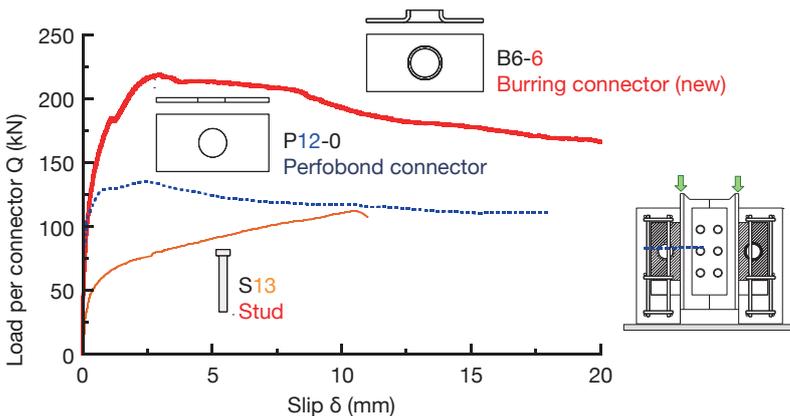


Fig. 4 Cross Section of Octagonal-section SC Column

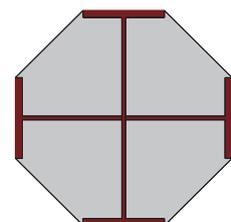


Fig. 5 Concrete-confined Effect of Octagonal-section SC Column Member⁴⁾

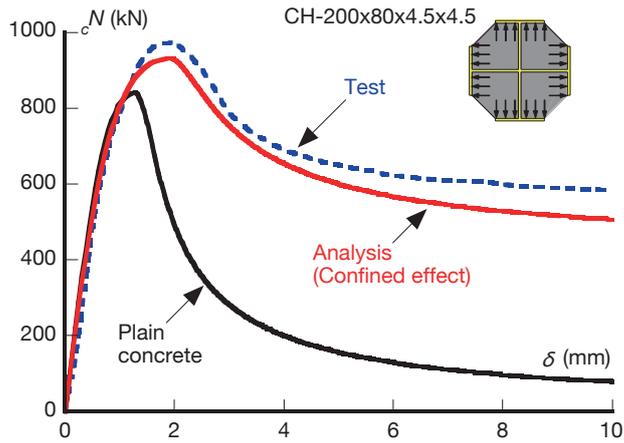


Fig. 6 Relationship between Shear Strength and Rotation Angle of Octagonal-section SC Column Member⁴⁾

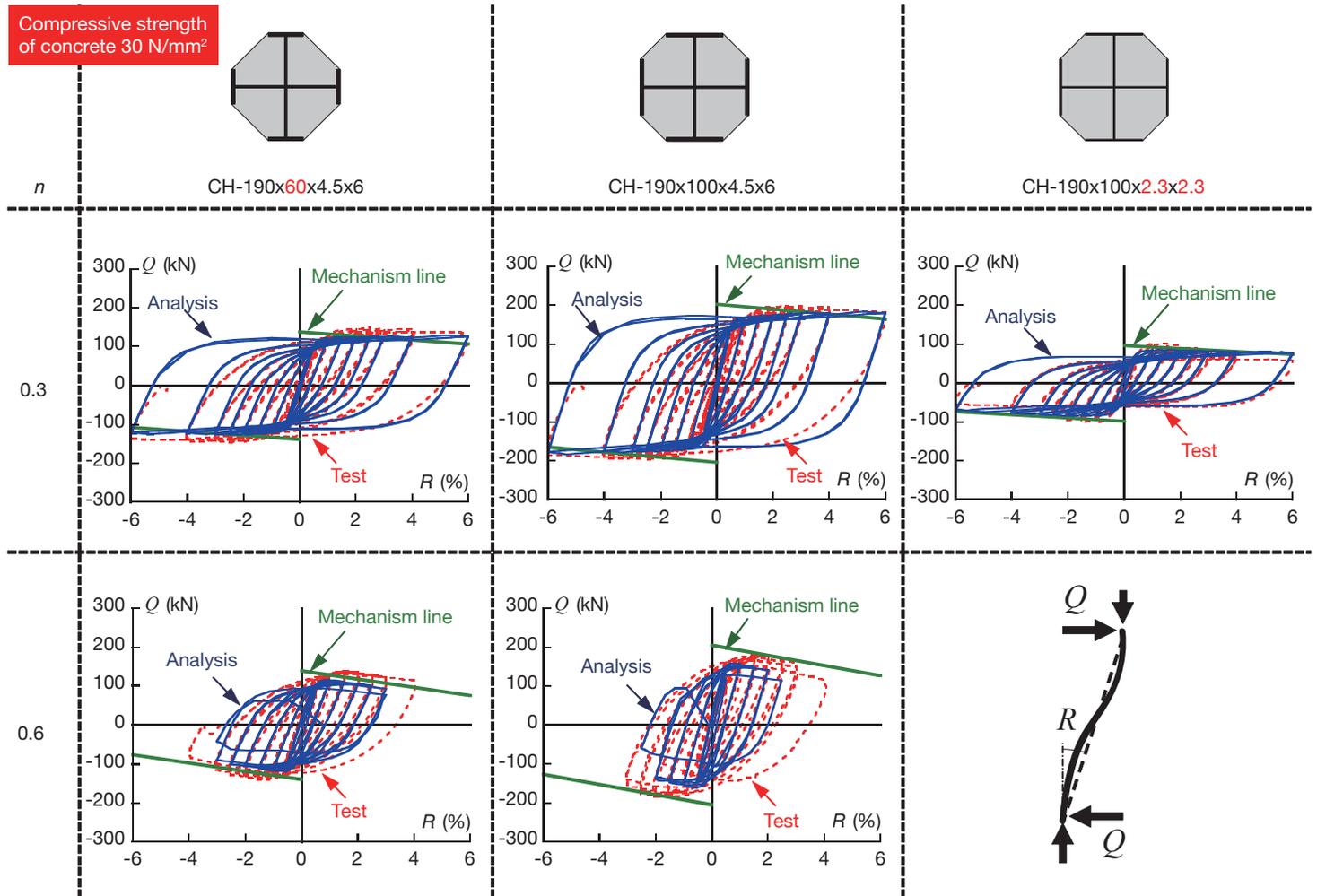


Fig. 7 Column-Beam Connection of Mixed Structure Composed of Octagonal-section SC Column and Steel-frame Beam

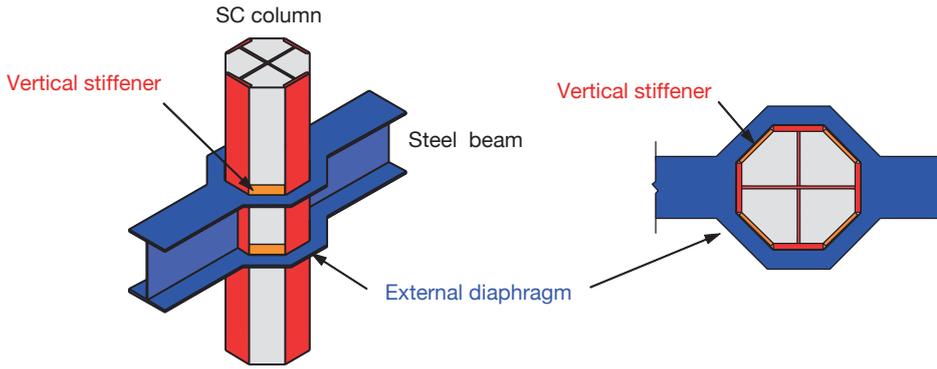
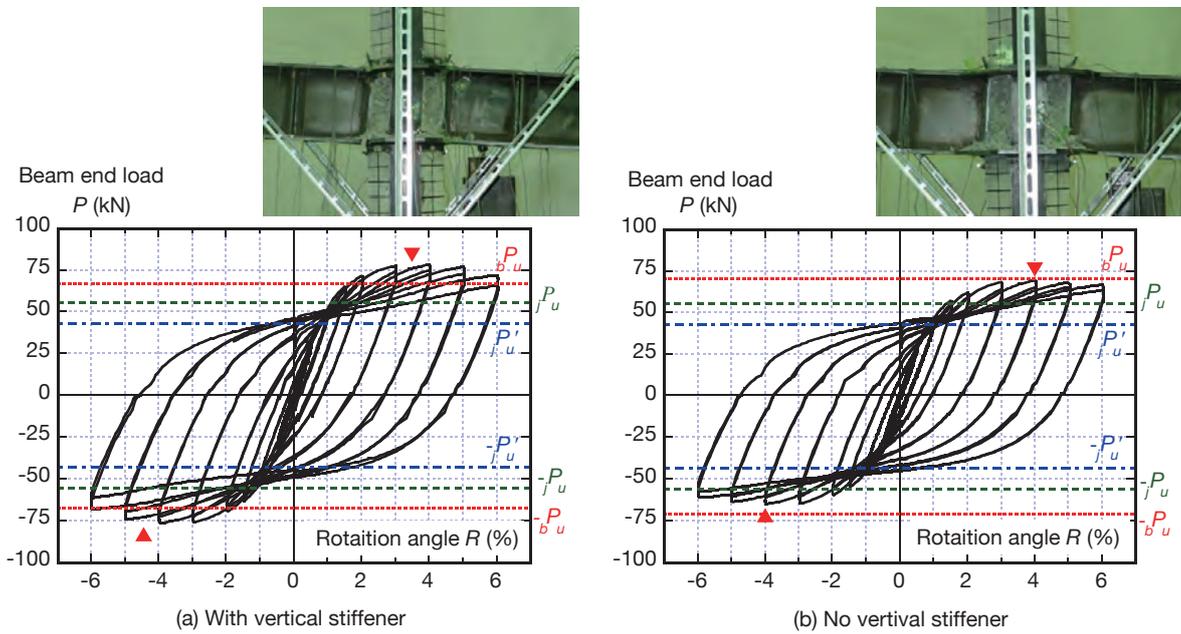


Fig. 8 Relationship between Load and Deformation of Column-Beam Connection Composed of Octagonal-section SC Column and Steel-frame Beam⁶⁾



(Halaman 5~8)

Artikel Fitur: Struktur Komposit Baja-Beton

Kondisi Terkini Studi dan Riset Mengenai Struktur CFT

oleh Keigo Tsuda dan Masae Kido, Universitas Kitakyushu

Struktur pipa baja isi beton (*concrete-filled steel tube*) (CFT) merupakan salah satu struktur komposit baja-beton. Struktur ini memiliki keistimewaan kinerja struktural yang tinggi seperti kapasitas angkut beban yang tinggi dan kapasitas deformasi yang tinggi. Di Jepang, aplikasinya dimulai pada akhir tahun 1950an, dan struktur CFT sudah banyak digunakan dalam banyak konstruksi bangunan tinggi perkantoran.

Laporan studi yang pertama mengenai struktur CFT di Jepang adalah “Eksperimen dan studi analitikal mengenai beban lentur member tekan CFT” yang dibuat oleh Prof. Shizuo Ban dan kawan-kawan pada tahun 1956. Kemudian, pada tahun 1961, laporan serupa dibuat: “Eksperimen dan studi analitikal mengenai kolom ramping CFT dengan beban terpusat” oleh Prof. Takeo Naka, Prof. Ben Kato dan kawan-kawan. Pada tahun 1981, Prof. Kenji Sakino menyampaikan sebuah disertasi doctoral mengenai struktur CFT, yang merupakan tesis pertama dalam topik tersebut di Jepang.

Dalam “Proyek Pengembangan Sistem Baru untuk Rumah Tinggal Multipel Tipe Urban” yang dicanangkan untuk lima tahun mulai tahun 1985 oleh Kementerian Konstruksi, struktur CFT diadopsi sebagai sistem struktur untuk apartemen bangunan tinggi. Terkait hal ini, dilakukan sebuah studi eksperimental mengenai member balok-kolom untuk mengevaluasi kinerja sistem struktural yang diadopsi. Selanjutnya, dalam “Struktur Hibrida dan Komposit,” sebuah Riset Teknik Gempa Kerjasama AS-Jepang yang dilakukan selama lima tahun sejak tahun 1993, dibentuk kelompok kerja CFT dan dilakukan riset eksperimental mengenai member kolom dan koneksi balok-ke-kolom struktur CFT dengan mengubah kekuatan material dan rasio lebar-tebal serta rasio diameter-tebal daripada pipa baja.

Tren terkini dalam riset dan studi mengenai struktur CFT disampaikan berikut ini:

Panduan Desain dan Rentang Aplikasinya

Dua versi terakhir panduan untuk struktur CFT sudah dipublikasikan di Jepang—*Rekomendasi untuk*

Desain dan Konstruksi Struktur Pipa Baja Isi Beton (2008) oleh Institut Arsitektural Jepang (AIJ) dan Standar Teknis dan Penjelasannya untuk Struktur Pipa Baja Isi Beton (2012) oleh Asosiasi Teknologi Baru untuk Perumahan Urban. Disamping itu, juga telah diterbitkan *Buku Petunjuk untuk Desain Struktur Pipa Baja Isi Beton* untuk para desainer muda dan mahasiswa oleh Institut Arsitektural Jepang.

Rentang aplikasi kekuatan material untuk struktur CFT yang ditentukan dalam Rekomendasi untuk Desain dan Konstruksi dari AIJ adalah 18~90 N/mm² untuk kekuatan tekan beton, 590 N/mm² atau kurang untuk kekuatan tarik baja, dan 235~440 N/mm² untuk tegangan leleh pipa baja (Tabel 1). Potongan standar kolom CFT ditetapkan berbentuk kotak atau bulat (Gbr. 1). Disamping itu, sedang didorong studi eksperimental mengenai aplikasi kolom kotak CFT dan kekuatan dan kapasitas deformasi kolom CFT bertulang dimana batang tulangan baja terpasang dalam pipa baja.

Tabel 1 Persyaratan untuk Struktur CFT
Gbr. 1 Potongan Melintang Kolom CFT

Tren Terkini dalam Studi Mengenai Member Kolom CFT

• Kekuatan Ultimit Kolom dengan Beban Aksial

Dalam *Rekomendasi untuk Desain dan Konstruksi Struktur Pipa Baja Isi Beton* dari AIJ, seperti pada Gbr. 2, parameter kerampingan kolom yang menahan gaya tekan periksa dengan menentukan rasio l_k/D untuk panjang efektif l_k terhadap tinggi seksi D , dan jika rasio $l_k/D=4$ atau kurang, kolom didefinisikan sebagai kolom pendek, sedangkan bila l_k/D =lebih dari 4~12 atau kurang disebut kolom menengah, dan bila l_k/D = lebih dari 12 disebut sebagai kolom ramping, dan persamaan desain dirubah mengikuti rasio l_k/D yang dipilih.

Sekarang, persamaan evaluasi kekuatan tekan kolom CFT diusulkan yang menggunakan rasio kerampingan kolom baja yang dinormalisasi sebagai indikator kerampingan dan berdasarkan kekuatan yang ditambahkan secara kumulatif dengan kekuatan tekuk kolom baja dan kolom beton dan tidak dibedakan untuk kolom pendek, menengah dan ramping.

Gbr. 3 menunjukkan perbandingan antara kekuatan kolom yang diusulkan dan kekuatan tekan yang dihitung menggunakan *Rekomendasi* AIJ. Dalam gambar, σ_y adalah tegangan leleh pipa baja dan σ_B adalah kekuatan tekan beton. Sebagaimana dalam Gbr. 3, usulan kekuatan yang secara kumulatif ditambahkan dengan kekuatan tekuk kolom baja dan beton sejalan

dengan kekuatan tekuk yang dihitung menggunakan *Rekomendasi* AIJ dalam semua rentang rasio kerampingan yang dinormalisasi bahan jika perbedaan antara kolom pendek, menengah dan ramping tidak diperhitungkan.

Gbr. 2 Rentang Kolom Pendek, Menengah dan Ramping

Gbr. 3 Kurva Kekuatan Kolom

• Kekuatan Ultimit Kolom dengan Beban Aksial dan Tegangan Geser Fleksural

Untuk kolom dengan kekuatan tekan dan tegangan geser fleksural, *Rekomendasi* AIJ saat ini menunjukkan persamaan desain untuk masing-masing ketiga jenis kolom—pendek, menengah dan ramping, dalam kasus member tekan. Saat ini, sebagaimana dengan member tekan, rentang dimana diharapkan momen plastis penuh pada seksi kolom dalam hubungannya dengan rasio kerampingan kolom pipa baja yang dinormalisasi l_c , rasio beban aksial n_y dan rasio momen lentur ujung k diuji dengan menggunakan Gbr. 4 sebagai model analitikal.

Dengan menggunakan hubungan persamaan $n_y \cdot \lambda_c^2 = \alpha(1 + \kappa)$, ketika nilai α adalah 0,05 atau lebih rendah, dapat dimengerti dari korelasi antara momen lentur dan beban aksial dibandingkan dengan kekuatan maksimum kolom dalam Gbr. 5 bahwa momen plastis penuh daripada seksi kolom CFT dapat diperkirakan. Saat ini sedang dilakukan pemeriksaan metode evaluasi kekuatan kolom dalam rentang dimana momen plastis penuh daripada seksi kolom tidak dapat diperkirakan.

Mengenai kolom CFT kotak yang menyebabkan fraktur geser, ada kasus dimana fraktur terjadi ketika rasio bentang geser=1 atau lebih kecil, tetapi diketahui bahwa karakteristik hysteresis kolom kotak CFT untuk fraktur geser tidak lebih buruk daripada kinerjanya dalam hal fraktur lentur. Saat ini sedang dilakukan studi mengenai fraktur geser kolom CFT bulat.

Gbr. 4 Kondisi Pembebanan dan Diagram Momen

Gbr. 5 Kurva Kekuatan Kolom

• Studi Mengenai Gerakan Gempa Periode Panjang

Gempa bumi besar yang terjadi dimana Palung Nankai merupakan wilayah episentrum menimbulkan kekhawatiran akan adanya efek terhadap bangunan tinggi dengan periode natural panjang. Saat ini tengah dilakukan studi mengenai kolom CFT untuk menghadapi gerakan gempa periode panjang. Dalam

Proyek Promosi Standar Pemeliharaan Bangunan oleh Kementrian Pertanian, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata, metode verifikasi keselamatan kolom CFT dalam gerakan gempa periode panjang sedang diperiksa, dan dilakukan pengujian dimana kolom CFT menahan pembebanan siklis amplitudo displasement konstan dengan beban aksial konstan atau variabel. Disamping itu, berdasarkan kapasitas yang diperoleh dari hasil uji member, diusulkan sebuah prosedur evaluasi kerusakan kolom CFT dengan menggunakan analisis respon gempa.

Sementara itu, dirasakan sangat perlu untuk mengumpulkan data pengujian. Untuk itu, pada tahun 2015 Komite Bangunan Federasi Besi dan Baja Jepang mempercayakan Masyarakat Konstruksi Baja Jepang untuk melakukan studi mengenai gerakan gempa jangka panjang, dimana kemudian dibentuk Kelompok Kerja untuk Survei dan Studi Kinerja Member Kolom setelah Gerakan Gempa Periode Panjang yang melakukan studi selama tiga tahun dari tahun 2015 hingga tahun 2017.

Sebagai penyambung dengan studi tiga tahun ini kami melakukan sejumlah uji pada kolom CFT yang diberikan pembebanan siklis amplitudo displasemen konstan dengan beban aksial konstan dimana ditetapkan variabel eksperimentalnya adalah rasio panjang efektif terhadap tinggi seksi l_k/D , rasio beban aksial n_y , amplitudo displasemen (sudut rotasi) R_0 , dan bentuk potongan (kotak, bulat). Contoh hasil uji yang diperoleh sejauh ini disampaikan di bawah ini:

Pengujian dilakukan dengan kondisi pembebanan seperti pada Gbr. 6. Foto 1 menunjukkan aparatus pembebanan kolom CFT. Gbr. 7 menunjukkan hubungan antara pembebanan lateral dengan sudut rotasi dalam ketiga kasus pada $l_k/D=14$: rasio beban aksial =0,15 dan sudut rotasi 1,5%; rasio beban aksial =0,3 dan sudut rotasi 1,5%; dan rasio beban aksial =0,6 dan sudut rotasi =1%. Gambar tersebut juga menunjukkan kasus uji yang dilakukan untuk kolom pipa baja berrongga. Gbr. 8 menunjukkan tren beban lateral (Q_{0i}/Q_{max}) pada titik putar rotasi dan tren regangan aksial ($e_v\%$). Foto 2 menunjukkan dasar kolom setelah pengujian. Dengan bertambahnya rasio beban aksial dan amplitudo displasemen, pengurangan beban menjadi besar. Di masa depan direncanakan proporsi metode untuk mengevaluasi kinerja penurunan kekuatan kolom CFT.

Gbr. 6 Kondisi Pembebanan

Foto 1 Aparatus pembebanan kolom CFT

Gbr. 7 Hubungan antara Beban Lateral dan Sudut Rotasi

Foto 2 Dasar Kolom setelah pengujian

Gbr. 8 Hubungan antaran Regangan Aksial, Beban Lateral dan Jumlah Siklus

• Studi mengenai Ketahanan Tumbukan

Ketika terjadi Gempa Bumi Besar Jepang Timur pada tahun 2011, kerusakan bangunan yang disebabkan oleh tsunami menimbulkan kekhawatiran besar. Karena kolom CFT diharapkan dapat menunjukkan ketahanan tumbukan, telah dikembangkan suatu metode evaluasi ketahanan tumbukan secara kuantitatif.

• Kolom CFT Menggunakan Baja Kekuatan Super Tinggi

Saat ini sedang dilakukan pengujian untuk kolom CFT yang diproduksi menggunakan produk baja dengan kekuatan super tinggi dengan tingkat kekuatan tarik 800~1,000 N/mm². Dalam manufaktur member kolom kotak yang terpasang dengan las, saat ini sedang dilakukan studi member CFT terpasang dengan cara pengelasan *under-matching welding* karena kondisi untuk *over-matching welding* diterapkan persyaratan yang ketat.

Pengembangan Struktur CFT dengan Kinerja Struktural yang Lebih Tinggi

Metode evaluasi kinerja struktural dengan presisi tinggi diharapkan akan dapat ditetapkan untuk kolom CFT yang tidak saja diproduksi menggunakan member baja kekuatan tinggi di luar rentang aplikasinya dalam standar desain sekarang tetapi juga meliputi kolom ramping dengan berragam konfigurasi seksionalnya. Kami memperkirakan bahwa pengembangan struktur kolom CFT selanjutnya akan menawarkan performa struktur yang tinggi.



Keigo Tsuda: After finishing the master course at the Graduate School of Kyushu University, he served as research assistant of Kyushu University in 1977 and then as associate professor of Kyushu University. He became professor of the University of Kitakyushu in 2001 and emeritus professor in 2018.



Masae Kido: After finishing the doctoral program at the Graduate School of the University of Kitakyushu, she became lecturer of the University of Kitakyushu in 2007. She assumed her current position as associate professor of the University of Kitakyushu in 2012.

Table 1 Requirements for CFT Structures

Compressive strength of concrete*	18~90 N/mm ²
Tensile strength of steel*	Smaller than 590 N/mm ²
Yield stress of steel*	235~440 N/mm ²
Ratio of limiting value of width (diameter) to thickness	1.5 times of AIJ steel standard
Ratio of buckling length to section depth	Not longer than 50 for columns
	Not longer than 30 for beam-columns

* AIJ Recommendations

Fig. 1 Cross Sections of CFT Columns



Fig. 2 Range of Short, Intermediate and Slender Columns

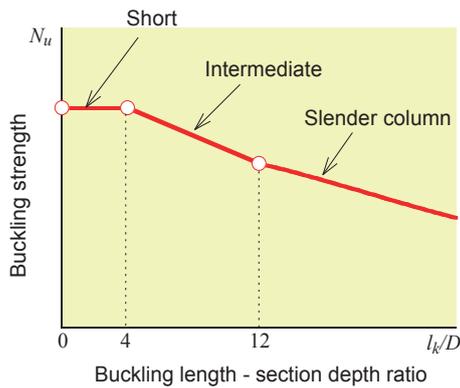


Fig. 3 Column Strength Curves

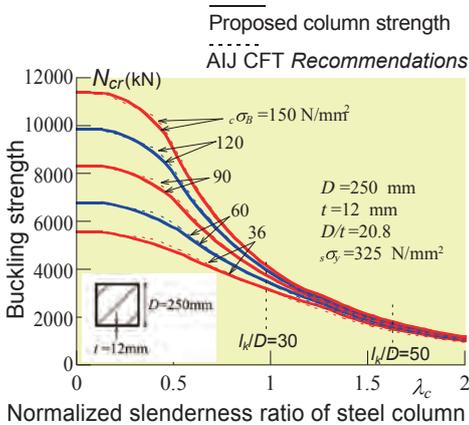


Fig. 4 Loading Conditions and Moment Diagrams

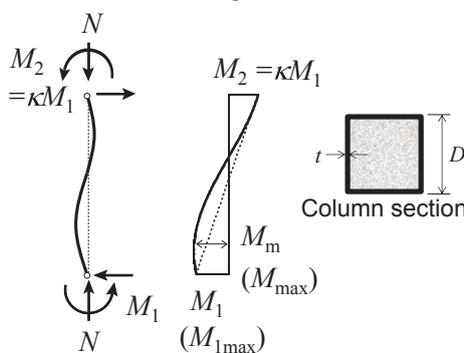


Fig. 5 Column Strength Curves

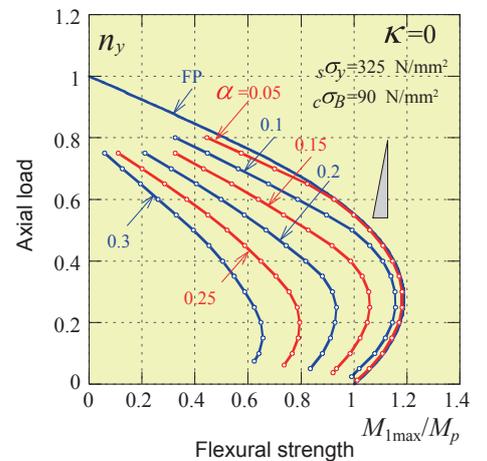


Fig. 6 Loading Conditions

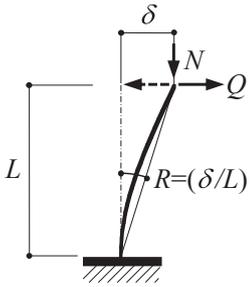


Photo 1 CFT column loading apparatus

Fig. 7 Relationship between Lateral Load and Rotation Angle

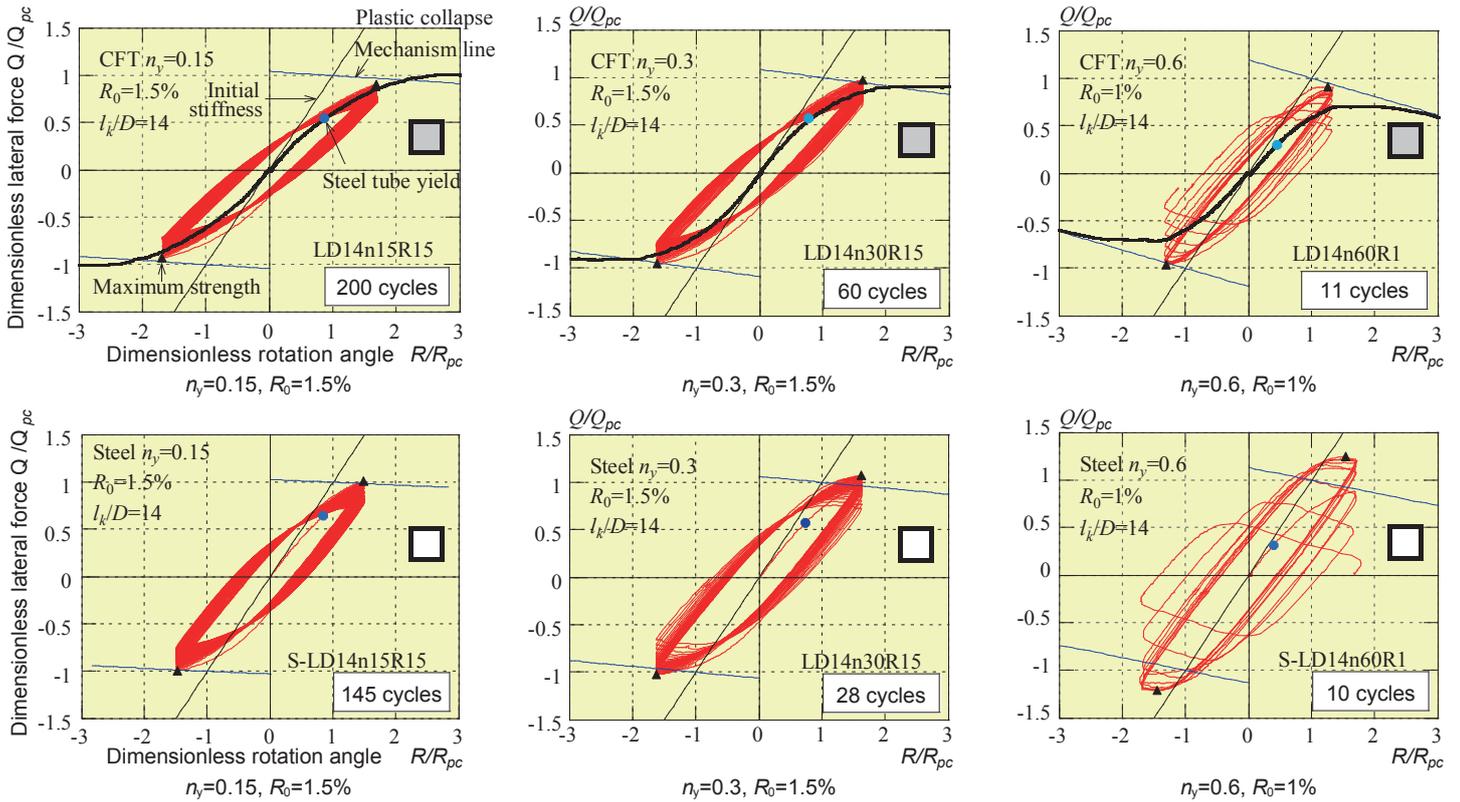


Fig. 8 Relationship between the Axial Strain, Lateral Load and the Number of Cycles

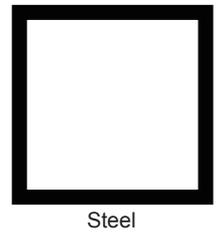
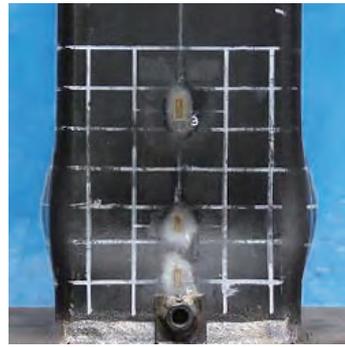
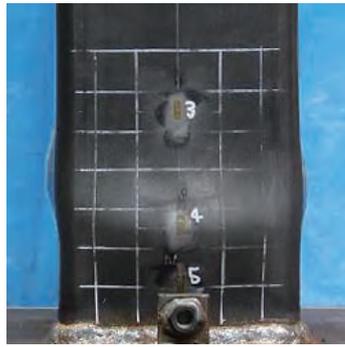
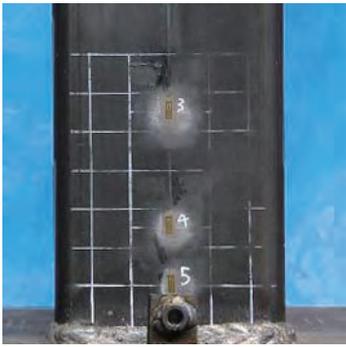
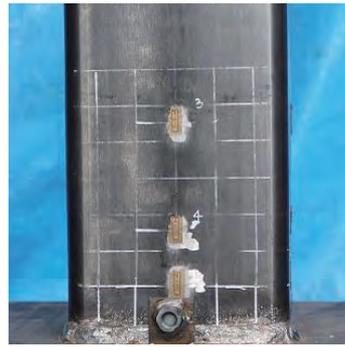
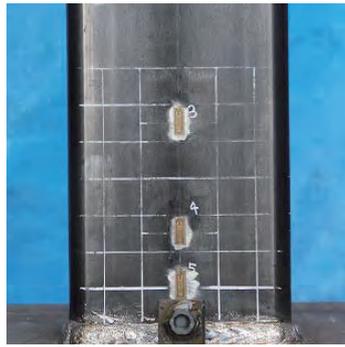
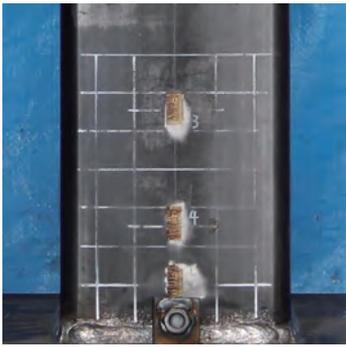
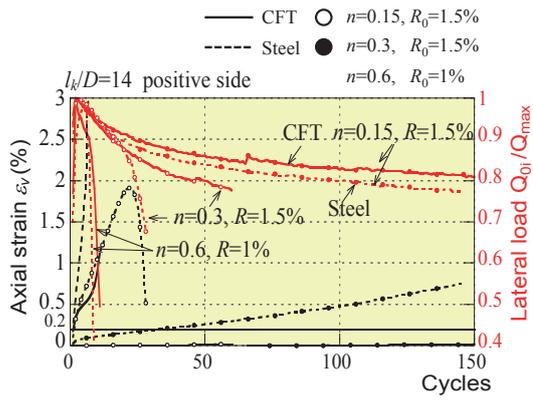


Photo 2 Column bases after testing

(Halaman 9~12)

Artikel Fitur: Struktur Baja dan Beton (3)

Potensi Koneksi Kolom ke Balok Tipe Diafragma Luar

oleh Tsuyoshi Tanaka, Profesor, Universitas Kobe

Koneksi Kolom ke Balok Tipe Diafragma Luar

Salah satu metode untuk menghubungkan kolom pipa baja kotak atau bulat dengan balok profil H adalah metode koneksi diafragma, yang digambarkan dalam Gbr. 1. Dalam koneksi kolom-balok tipe diafragma luar, diafragma tidak disusun di dalam kolom bagian tertutupnya, tetapi disusun sehingga menjorok ke luar keliling kolom sehingga berfungsi untuk transfer tegangan lentur balok ke kolom.

Pada koneksi tipe diafragma terusan (*through diaphragm*), pemotongan kolom perlu dilakukan pada posisi sambungan dan membuat sambungan las. Sebaliknya, pada koneksi tipe diafragma luar, karena merupakan tipe kolom penetrasi, keuntungannya adalah tidak diperlukannya fabrikasi kolom.

Sementara itu, pada koneksi tipe diafragma luar deformasi setempat (deformasi luar bidang dinding pipa baja) terjadi selama penyatuan diafragma seperti pada Gbr. 2, dan karenanya, untuk menjamin kekakuan dan kekuatan koneksi, perlu didesain detail bentuk dan dimensi diafragma.

Selanjutnya, pada koneksi tipe diafragma terusan semua operasi pengelasan penuh untuk koneksi dapat dilakukan dengan cara pengelasan posisi datar, tetapi pada koneksi tipe diafragma luar, karena pengelasan dilakukan dalam kondisi dimana kolom disusun horizontal seperti umumnya, maka selain penyambungan las kolom dan diafragma juga dilakukan penyambungan las diafragma dengan flens balok dengan cara pengelasan posisi horizontal. Selanjutnya, karena tinggi diafragma bertambah, ada kasus dimana penempelan member luar dan ruang untuk penjagaan pipa terhalang.

Karena kekurangan-kekurangan ini, maka koneksi tipe diafragma terusan banyak diadopsi secara besar-besaran di Jepang dan saat ini aplikasi koneksi tipe diafragma luar pada proyek praktis sudah dikurangi.

Gbr. 1 Koneksi Kolom ke Balok yang Diperkaku dengan Diafragma Luar

Gbr. 2 Deformasi Setempat pada Koneksi Kolom ke Balok

Kolom dengan Kekuatan yang Lebih Tinggi dan Operasi Pengelasan

Sekarang ini produk baja kekuatan tinggi banyak diadopsi dalam proyek konstruksi skala besar. Di samping itu, produk baja dengan kekuatan super tinggi dengan tingkat kekuatan Tarik 780 N/mm² (H-SA700) sudah dikembangkan dan aplikasi praktisnya sudah dimulai.

Produk baja dengan kekuatan lebih tinggi tidak saja mengikuti tren kearah konstruksi bangunan tinggi dan bentang lebih panjang tetapi juga mendorong kebebasan dalam mendesain. Dapat diharapkan bahwa produk baja dengan kekuatan lebih tinggi akan memberikan kontribusi pada terciptanya ruang dan struktur arsitektural yang kaya yang tidak terlalu mengalami kerusakan ketika terjadi gempa bumi besar.

Secara khusus penerapan produk baja dengan mutu 780 N/mm² untuk rangka baja dalam konstruksi bangunan memberikan banyak kelebihan. Akan tetapi, dalam hal aplikasi produk baja dengan mutu 780 N/mm² secara lebih luas, kinerja las dan operasi pengelasan dapat menjadi kendala. Memastikan bahwa sambungan las *over-matching* dapat dipersiapkan untuk produk baja mutu 780 N/mm² dapat terkendala kesulitan besar dalam konstruksinya dan selanjutnya dapat berdampak pada biaya konstruksi yang tinggi.

Ketika menggunakan produk baja dengan kekuatan Tarik 780 N/mm² untuk kolom dan 590 N/mm² atau kurang untuk balok dan diafragma, dan ketika koneksi dipersiapkan dengan menggunakan diafragma luar, pengelasan kolom dalam sambungan kolom ke balok menjadi tidak penting.

Saat ini di Jepang, dipicu oleh kurangnya insinyur pengelasan, sedang dikembangkan berbagai jenis metode pengelasan robotik untuk pekerjaan sambungan las kolom dan diafragma, dan hasilnya, dimungkinkan pengelasan posisi horisontal untuk kolom dan diafragma yang dilakukan dengan pengelasan robotik. Karena itu, dapat dimungkinkan pekerjaan untuk menangani kolom kekuatan tinggi dengan penggunaan koneksi tipe diafragma secara optimum.

Kolom CFT dan Deformasi Setempat

Seperti dijelaskan di atas, karena deformasi setempat terjadi pada koneksi tipe diafragma luar, ada kasus dimana koneksi kolom ke balok yang disiapkan dengan menggunakan diafragma eksterior tidak dapat diterima sebagai koneksi rigid. Walaupun kekuatan setempat bertambah dengan penggunaan baja mutu super tinggi, kekakuan setempat tidak bertambah. Pada

koneksi tipe diafragma luar, diafragma tidak disusun di dalam kolom pipa baja, sehingga beton dapat dengan mudah diisi ke kolom. Oleh karenanya, deformasi setempat pada koneksi kolom ke balok dapat ditekan dengan mengisi beton ke dalam kolom pipa baja atau dengan menggunakan kolom pipa baja isi beton (CFT)

Uji Struktural

• Spesimen Uji

Spesimen uji disiapkan dengan menyambung kolom pipa baja bulat (ϕ -300×12) yang dimanufaktur dengan proses cetak-tekan pelat baja mutu 780 N/mm² (H-SA700) dengan balok profil H mutu 490 N/mm² (H-400×150×9×16, SN490B) dengan menggunakan diafragma luar tempat dimana dilakukan uji.

Contoh uji yang dilakukan disampaikan di bawah:

Gbr. 3 menunjukkan struktur specimen koneksi kolom ke balok. Tebal diafragma (SN490B) adalah $h_d=50$ mm, dan tebal pelat $t_d=16$ mm. Pengelasan diafragma dan pipa baja yang digunakan dalam uji ini adalah *deformed fillet welding* dengan sudut bevel 60° seperti terlihat pada gambar, dan diafragma dan pipa baja disambung las dengan *cara CO2 gas shielded arc welding* menggunakan kawat las (YGW18) untuk baja mutu 490 N/mm².

Pengujian dilakukan pada dua kasus menggunakan dua spesimen: spesimen pipa baja seksi berrongga sirkuler (CHS) (TD-16/H) dan spesimen pipa baja isi beton (CFT) (TD-16/C). Kekuatan dasar desain beton isi ditetapkan Fc24, dan sebagai material agregat digunakan batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm.

Gbr. 3 Spesimen Uji

• Pembebanan dan Metode Pengukuran

Seperti pada Gbr. 4, salah satu ujung kolom bulat disambung ke *pin jig*, dan ujung lainnya ke *pin roller jig*, dimana pembebanan siklis dengan pertambahan positif/negatif diberikan dengan menggunakan dongkrak minyak hidrolik yang dipasang di ujung balok.

Pengukur displasemen disusun di sekitar sambungan untuk mengukur deformasi setempat LQ , deformasi balok BQ dan deformasi total $TQ(=LQ+BQ)$ termasuk deformasi setempat dan balok seperti pada Gbr. 5.

Siklus pembebanan ditetapkan pada $\pm BQ_p$, $\pm 2BQ_p$, $\pm 4BQ_p$, $\pm 6BQ_p$ dan $\pm 8BQ_p$ untuk TQ dengan menetapkan sudut deformasi elastis BQ_p sebagai standar sesuai

dengan kekuatan plastis total balok BP_p , dan pembebanan siklis yang disebut di atas diberikan dua kali pada masing-masing spesimen.

Gbr. 4 Spesimen dan Persiapan Uji

Gbr. 5 Deformasi Total Balok TQ , Deformasi Setempat LQ dan Deformasi Balok BQ

• Hasil Uji

Gbr. 6 menunjukkan hubungan antara beban ujung balok P dua spesimen dan TQ , LQ dan BQ . Garis putus-putus pada gambar menunjukkan nilai hitung kekakuan elastis balok dan kekuatan plastis total BP_p . Kemajuan pengujian masing-masing spesimen digambarkan di bawah ini:

Pada spesimen TD_16/H kolom pipa baja seksi berrongga sirkuler (CHS), terjadi leleh terlebih dahulu, tetapi dengan bertambahnya beban, terlihat jelas proses plastisasi balok pada siklus pembebanan $\pm 4 BQ_p$. apa siklus $\pm 2 BQ_p$, terjadi retak daktil pada seksi sudut dalam, dan pada siklus pertama $-6 BQ_p$, seperti pada Gbr. 7, retak ini berkembang secara diagonal ke sisi diafragma yang mengakibatkan pengurangan kinerja angkat beban.

Pada spesimen TD-16/C kolom pipa baja isi beton (CFT), leleh setempat dan leleh balok sertentak terjadi pada siklus pembebanan $\pm 2 BQ_p$, tetapi setelah itu deformasi plastis balok membaik secara pasti. Pada siklus $\pm 4 BQ_p$, retak daktil terjadi pada seksi sudut dalam, dan pada siklus pertama $-8 BQ_p$, setelah retak berkembang secara diagonal ke arah sisi diafragma, diafragma mengakibatkan fraktur. Sementara itu, tekuk setempat balok terlihat pada siklus $\pm 4 BQ_p$.

Bila dibandingkan antar TD-16/H dengan TD-16/C, kekakuan setempat TD-16/C bertambah 1,7 kali dengan pengisian beton, dan terlihat peningkatan plastisasi balok.

Gbr. 8 menunjukkan kurva kerangka sisi-positif dalam kasus dimana hubungan $P-TQ$ menjadi tak berdimensi dengan menggunakan BP_p dan BQ_p . Kekakuan elastis pada hubungan $P-TQ$ berkurang hingga 12% untuk dapat mencapai koneksi rijid ujung balok akibat pengisian beton, dan akibatnya dapat diketahui bahwa perilaku elasto-plastis dan kapasitas deformasi plastis yang hampir sama dengan tipe kolaps balok dapat dicapai untuk perangkaan dengan koneksi rijid.

Gbr. 6 Kurva Beban-Deformasi

Gbr. 7 Fraktur Diafragma

Gbr. 8 Kurva Kerangka

Koneksi Potensial Kolom CFT Tipe Diafragma Luar ke Balok

Koneksi tipe diafragma luar merupakan sistem koneksi tradisional dan paling banyak diterapkan di Jepang. Tipe koneksi ini menawarkan solusi efektif aplikasi kolom pipa baja yang dimanufaktur dengan menggunakan produk baja mutu super tinggi. Apabila di masa depan pengelasan robotik posisi datar berkembang, kami menganggap bahwa sangat rasional memilih diafragma luar untuk koneksi kolom ke balok.



Tsuyoshi Tanaka: After receiving master's degree at the Graduate School of Engineering, Kobe University, he entered Asanuma Corporation in 1985. He became associate professor at the Kobe University in 1999. He assumed his current position as professor at the Architecture, Faculty of Engineering of Kobe University in 2010. His specialized field covers structural engineering and steel structures.

Fig. 1 Column to Beam Connection Stiffened by Exterior Diaphragms

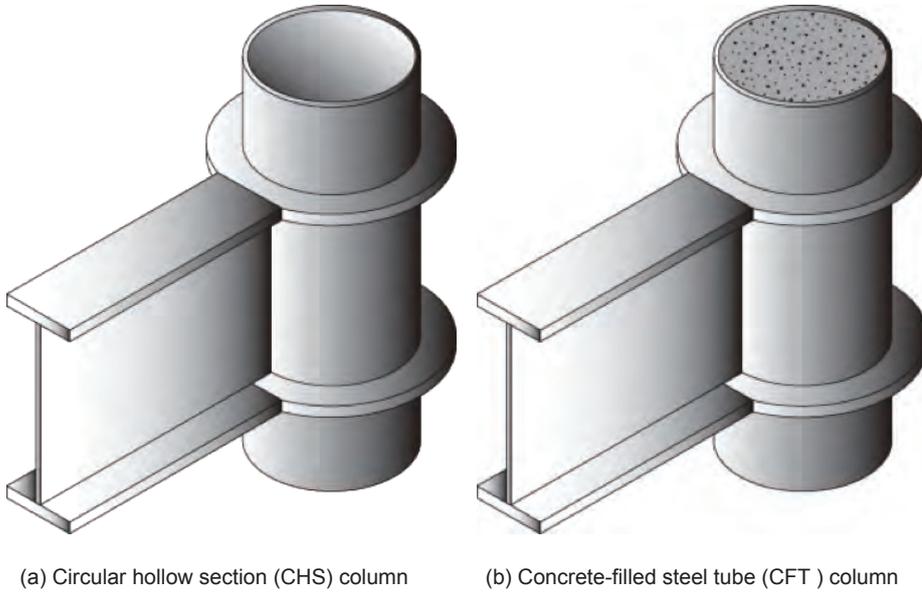


Fig. 2 Local Deformation at Column to Beam Connection

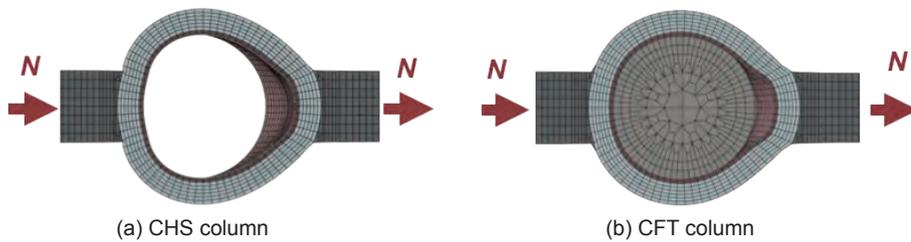


Fig. 3 Test Specimen (unit: mm)

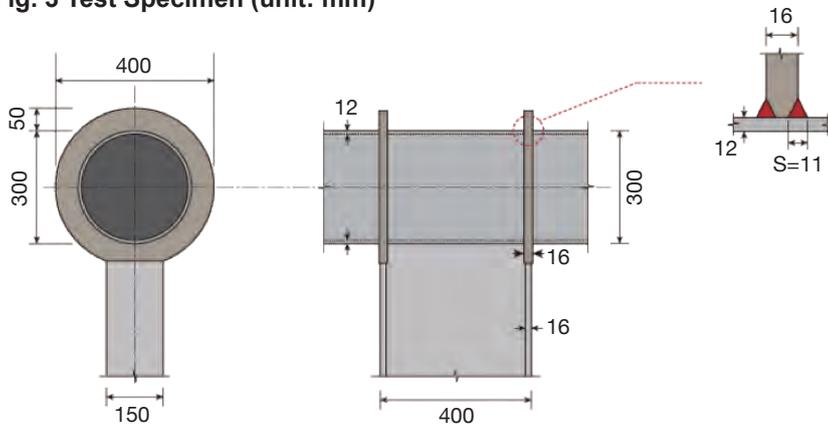


Fig. 4 Specimen and Test Setup

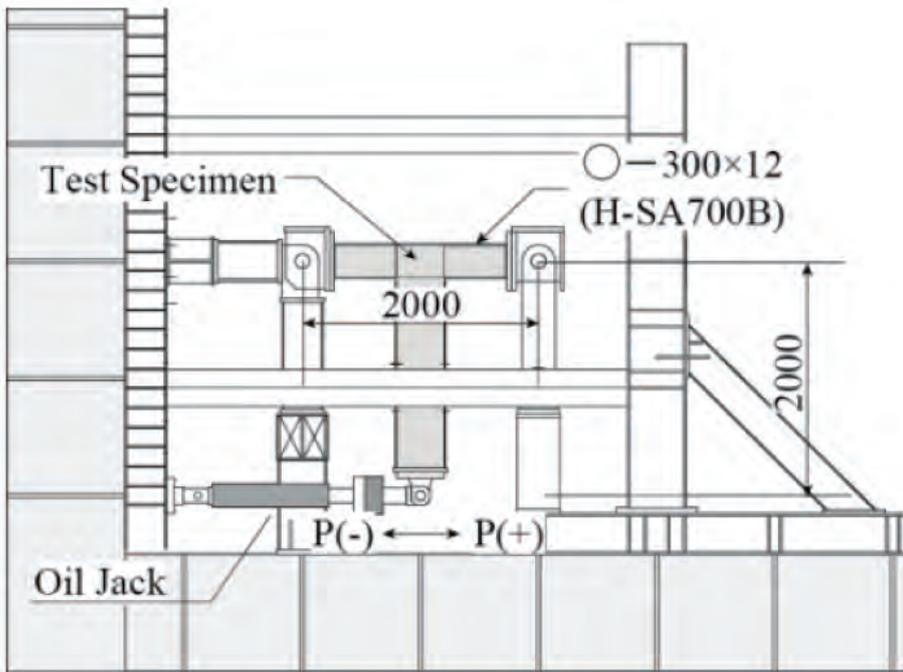


Fig. 5 Total Beam Deformation $\tau\theta$, Local Deformation $L\theta$ and Beam Deformation $B\theta$

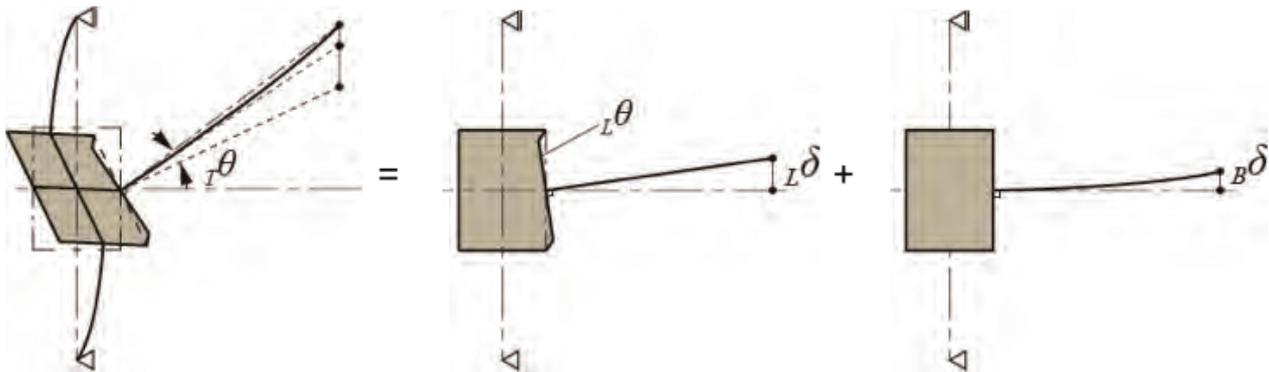


Fig. 6 Load-Deformation Curves

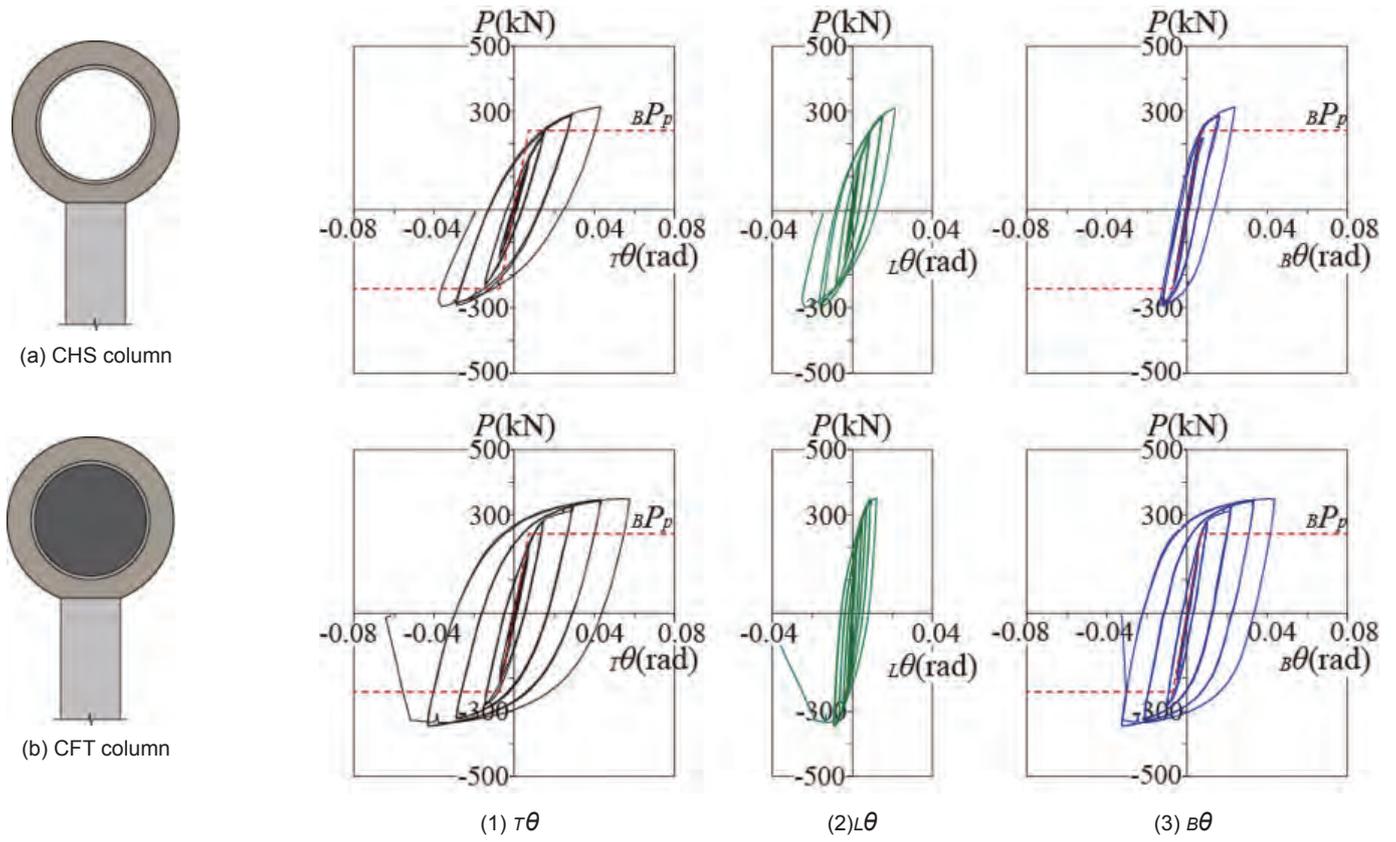
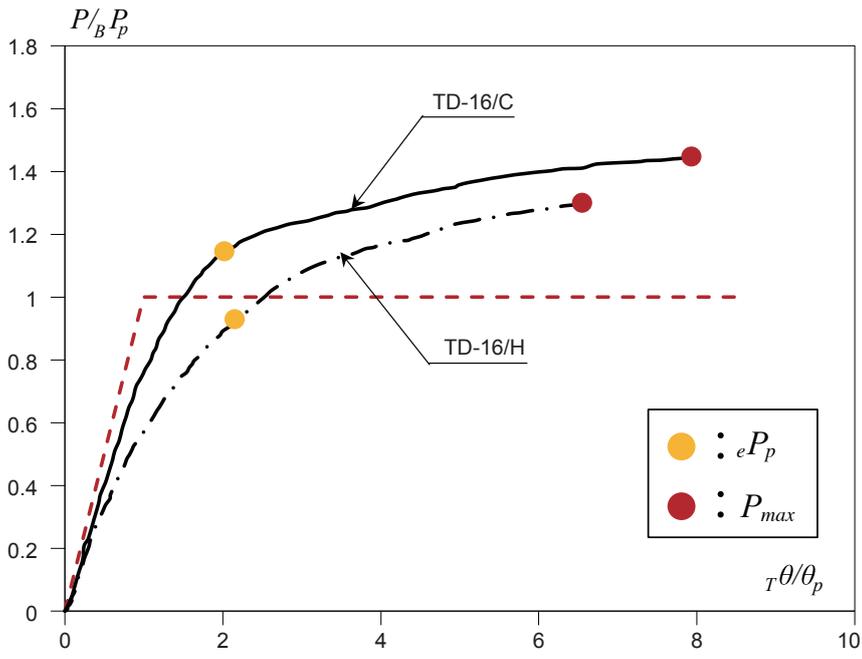


Fig. 7 Fracture of Diaphragm



Fig. 8 Skelton Curves



(Halaman13~14)

Artikel Fitur: Struktur Kompisit Baja dan Beton (4) Pipa Baja untuk Bangunan dan Struktur CFT

Komite Promosi Pasar Luar Negeri, Federasi Besi dan Baja Jepang

Standar BCR dan BCP untuk Pipa Baja Kotak Cetak Dingin

Pipa baja kotak cetak dingin terutama digunakan sebagai kolom pada struktur bangunan rangka baja di Jepang dan merupakan salah satu produk baja yang paling populer untuk kolom bangunan. Proses manufaktur dilakukan dalam dua cara: cetak gulung (BCR) dan cetak tekan (BCP). Gbr. 1 menunjukkan proses manufaktur.

Baik standar BCP maupun BCR tidak ditetapkan dalam JIS (Standar Industri Jepang), tetapi tercantum dalam MDCR M(standar untuk produk baja untuk konstruksi bangunan) yang dibuat oleh Ferderasi Besi dan Baja Jepang. Produk baja yang dispesifikasi dalam kedua standar ini adalah member struktural yang disetujui oleh Kementerian Pertanian, Infrastruktur dan Pariwisata Jepang.

Rentang ukuran yang ada adalah 200×6 mm~550×25 mm untuk BCR dan 200×6 mm~1,000×40 mm untuk BCP.

Komposisi kimianya ditunjukkan dalam Tabel 1.

Properti mekanikal ditunjukkan dalam Tabel 2. BCP235 dan BCP325 masing-masing selaras dengan SN400 dan SN490, dan properti materialnya seperti titik leleh sama dengan yang ada dalam standar JIS SN (baja gulung untuk struktur bangunan). Energi penyerapan Charpy disepsifikasikan pada 27J atau lebih pada 0°C untuk ketebalan dinding melebihi 12 mm, sama dengan yang di dalam standar SN.

BCP325T, yang menjamin ketangguhan (*toughness*) pada sudut bengkok pipa baja dalam standar BCP dan juga dalam standar SN, baru-baru ini disetujui oleh Kementerian Pertanian, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata Jepang.

Gbr. 1 Proses Manufaktur Material BCR dan BCP
Tabel 1 Komposisi Kimiawi Material BCR dan BCP
Tabel 2 Properti Mekanikal Material BCR dan BCP

Pelat Baja untuk Kolom Kotak Terpasang dengan Las

Kolom kotak terpasang yang dirakit dengan las dari pelat baja sudah digunakan untuk struktur pipa besi isi

beton (CFT) (Gbr. 2) di Jepang, yang diaplikasikan dalam konstruksi bangunan tinggi karena ukuran seksi kolom besar dan melebihi rentang produksi BCP atau BCR. Tabel 3 menunjukkan properti mekanikal pelat baja untuk struktur bangunan.

Pelat baja kekuatan tinggi dengan mutu 780 N/mm² (H-SA700) dan 590 N/mm² (SA440), baru-baru ini dikembangkan. Standar material untuk produk ini ditetapkan oleh Federasi Besi dan Baja Jepang dan dicantumkan masing-masing dalam H-SA700 dan SA440. Tabel 4 menunjukkan komposisi kimiawi pelat baja untuk CFT. *Carbon equivalent* (Ceq) ditekan hingga tingkat yang rendah untuk memastikan *weldability* bahkan untuk ketebalan pelat maksimum 100 mm

Khususnya untuk SA440, batas atas dan bawah kekuatan leleh dan kekuatan tarik ditentukan dengan rentang kecil, dan selanjutnya rasio lelehnya dpada maks. 80%. Karenanya, SA440 memenuhi persyaratan kinerja yang lebih tinggi yang penting untuk menjamin ketahanan gempa bangunan. Sebaliknya, rasio leleh yang lebih tinggi ditetapkan untuk H-SA700, dan karenanya digabungkan dalam petunjuk desain khusus yang mensyaratkan H-SA700 dalam kondisi elastis penuh bahkan ketika mengalami dorongan gempa (*seismic thrust*) yang parah

Gbr. 2 Struktur Pipa Baja Isi Beton (CFT)
Tabel 3 Properti Material Pelat Baja untuk CFT
Tabel 4 Komposisi Kimiawi Pelat Baja untuk CFT

Table 1 Chemical Composition of BCR and BCP Materials (%)

Type designation	Material standard	Symbol	Thickness mm Min/Max	C Max	Si Max	Mn Min/Max	P Max	S Max	N ¹⁾ Max	Ceq ²⁾ Max	Pcm ³⁾ Max
400 N/mm ² grade	MDCR0002-2017	BCR295	6/22	0.20	0.35	/1.40	0.030	0.015	0.006 ²⁾	0.36	0.26
	MDCR0003-2017	BCP235	6/40	0.20	0.35	0.60 /1.40	0.030	0.015	0.006 ²⁾	0.36	0.26
		BCP325	6/40	0.18	0.55	/1.60	0.030	0.015	0.006 ²⁾	0.44	0.29
490 N/mm ² grade	MDCR0012-2014	BCP325T	6/40	0.18	0.55	/1.60	0.020	0.005	0.006 ²⁾	0.44	0.29

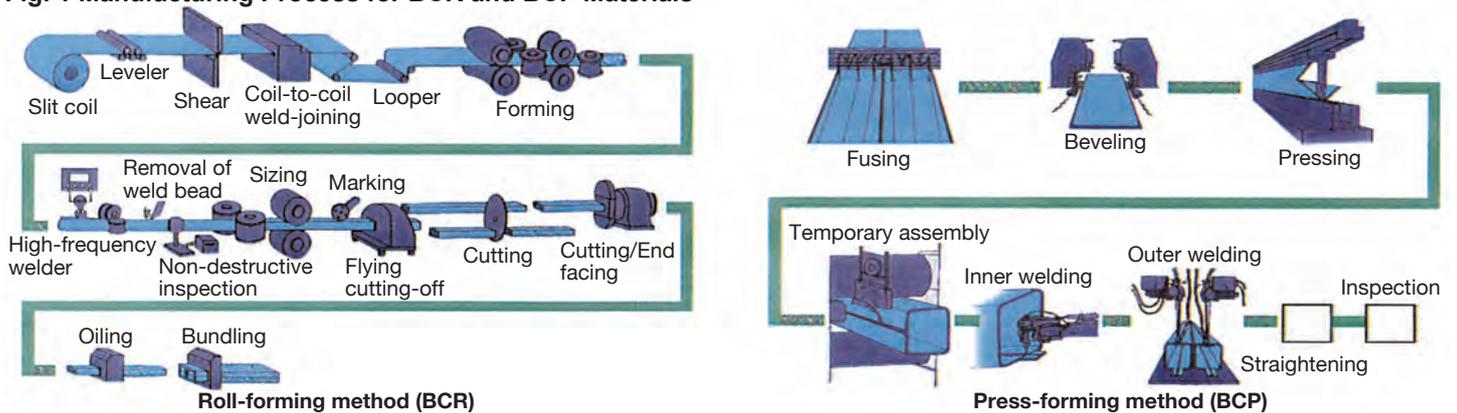
- Notes:1) In case when elements to fix N, such as Al, are added and inclusion of solid-solution type N is 0.006% or below, total inclusion of N can be increased up to 0.009%.
 2) Ceq = C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14
 3) Pcm = C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B; Applied in place of Ceq according to the agreement between supplier and purchaser.

Table 2 Mechanical Properties of BCR and BCP Materials

Type designation	Material standard	Symbol	Thickness mm Min/Max	Yield point or strength N/mm ² Min/Max		Tensile strength Min/Max	Yield ratio % Max		Elongation % Min		Charpy impact test; Absorbed energy J Min (0°C)
				t<12 mm	12≤t		t<12 mm	12≤t	t≤16 mm	16<t	
400 N/mm ² grade	MDCR0002-2017	BCR295	6/22	295/	295/445	400/550	-	90	23 ¹⁾	27 ¹⁾	27 ²⁾
	MDCR0003-2017	BCP235	6/40	235/	235/355	400/510	-	80	18	22	27 ²⁾
		BCP325	6/40	325/	335/445	490/610	-	80	17	21	27 ²⁾
490 N/mm ² grade	MDCR0012-2014	BCP325T	6/40	325/	335/445	490/610	-	80	17	21	70 ^{2), 3)}

- Notes:1) JIS No.5 test piece (tube axial direction); No.1A test piece for others
 2) Applied for wall thicknesses of over 12 mm and average value of 3 test pieces
 3) Applied for both plain/corner parts

Fig. 1 Manufacturing Process for BCR and BCP Materials



**Fig. 2 Concrete-filled Steel Tube (CFT)
Square Column Structure**

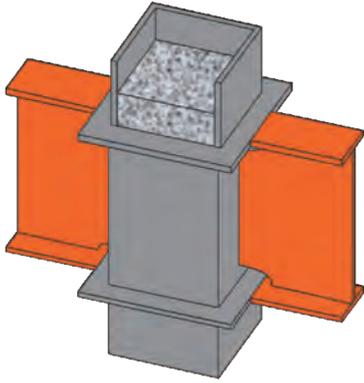


Table 3 Mechanical Properties of Steel Plates for CFTs

Designation	Thickness (mm) Min/Max	Yield point or proof stress		Tensile strength (N/mm ²) Min/Max	Yield ratio (%) Max	Tensile test			Impact test		Through-thickness tensile test (%) min	
		Thickness (mm)	(N/mm ²) Min/Max			Elongation			Test temp. (°C)	Charpy absorbed energy (J) Min	Ave. of 3 tests	Each value
						Thickness (mm)	(%)	Test specimen				
H-SA700A	6/50	-	700/900	780/1000	98	6≤t≤20	16	No.5	0	47 ¹⁾	-	-
						20≤t≤50	16	No.4				
H-SA700B	6/50	-	700/900	780/1000	98	6≤t≤20	16	No.5	-20	47 ¹⁾	-	-
						20≤t≤50	16	No.4				
SA440-B Grade 60	19/100	-	440/540	590/740	80	t≤50 40<t	20 26	No.4 No.5	0	47 ¹⁾	-	-
SA440-C Grade 60	19/100	-	440/540	590/740	80				0	47 ¹⁾	25	15
SN490B (Grade 50)	6/100	t<12 12≤t≤40 40<t	325/ 325/455 295/415	490/610	80	6≤t≤16 16<t≤50 40<t	17 21 23	No.1A No.1A No.4	0	27 ¹⁾	-	-
SN490C (Grade 50)	16/100	-	325/455	490/610	80				0	27 ¹⁾	25	15

Note:1) Applied for wall thicknesses of over 12 mm and average value of 3 test pieces

Table 4 Chemical Composition of Steel Plates for CFTs (unit: wt%)

Designation	Thickness (mm) Min/Max	C		Si	Mn	P	S	Ceq ¹⁾ Max			Pcm ²⁾ Max		
		Thickness (mm)	Max	Min/ Max	Max	Max	Max	Max	t≤40	40<t≤50	50<t	t≤40	40<t≤50
H-SA700A	6/50	-	0.25	/0.55	2.00	0.030	0.015	0.65			0.32		
H-SA700B	6/50	-	0.25	/0.55	2.00	0.025	0.015	0.60			0.30		
SA440-B Grade 60	19/100	-	0.18	/0.55	1.60	0.030	0.008	0.44	0.47		0.28	0.30	
SA440-C Grade 60	19/100	-	0.18	/0.55	1.60	0.020	0.008	0.44	0.47		0.28	0.30	
SN490B (Grade 50)	6/100	t≤50 50<t	0.18 0.20	/0.55	1.60	0.030	0.015	0.44	0.46		0.29		
SN490C (Grade 50)	16/100			/0.55	1.60	0.020	0.008	0.44	0.46		0.29		

Notes:1) Ceq = C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

2) Pcm = C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B; Applied in place of Ceq according to the agreement between supplier and purchaser.

(Halaman 15~18)

Artikel Serial: Desain Terbaru Bangunan Baja di Jepang (3)

HIRAKATA T-SITE

— Struktur Kotak yang Menjorok Membentuk Fasad Ekspresif dan Menambah Ketahanan Gempa—

Takenaka Corporation

HIRAKATA T-SITE merupakan fasilitas komersial tipe proposal dengan kombinasi lantai dengan beragam tema, berpusat pada buku. Bangunan ini dibuka pada tahun 2017 di depan Stasiun HIRAKATA di Osaka. Fitur strukturalnya yang menonjol adalah dinding tirai (*curtainwall*) yang terbuka ke arah jalan dan tampilan bangunan yang tersusun dari konstruksi kotak yang menjorok. Terdapat sebuah atrium yang nyaman di dalam gedung. (Foto 1)

Untuk merealisasikan ruang terbuka dan untuk meningkatkan kekuatan struktural, berbagai cara canggih digunakan, dimana diantaranya adalah dinding tahan gempa pelat baja gelombang dan struktur kotak tahan gempa. Garis besar HIRAKATA T-SITE diperkenalkan di bawah ini:

Foto 1 HIRAKATA T-SITE menonjolkan struktur kotak yang menjorok

Menuju Terciptanya Ruang Tinggal Komunitas yang Santai

HIRAKATA T-SITE dibangun pada lokasi yang terletak dekat dengan stasiun kereta, dan merupakan “proyek lingkungan stasiun kereta.” Di fasilitas komersial yang disediakan pada bangunan konvensional “proyek pengembangan ulang lingkungan stasiun kereta”, fasilitas ini berada di belakang fasilitas komersial di pusat kota dalam hal kumpulan produk, dan selanjutnya dalam hal kehidupan sehari-hari kenyamanannya jauh tertinggal dibandingkan *outlet* produk masak dan restoran keluarga yang beroperasi sepanjang jalan utama. Sekalipun akses yang ditawarkan oleh ‘proyek lingkungan stasiun kereta’ baik karena banyak dilewati oleh orang yang berangkat ke kantor dan sekolah, daya tariknya sebagai area komersial sudah menurun.

Dalam kondisi ini, perlu merealisasi fasilitas komersial dengan nilai tinggal (*living value*) di depan Stasiun HIRAKATA dimana jalan buku Tsutaya Books yang menarik perhatian di DAIKANYAMA T-SITE di Tokyo ditempatkan sebagai fasilitas inti.

Untuk regenerasi area lingkungan stasiun kereta, kami menganggap bahwa proyek HIRAKATA T-SITE tidak saja harus menawarkan konten menarik dengan nilai tinggal, dengan jalan buku sebagai fasilitas inti, tetapi juga agar komunitas dapat terus berkembang di sana dengan mengutamakan nilai tinggal yang tercipta. Disamping itu, kami menganggap bahwa yang dibutuhkan untuk menghasilkan nilai-nilai tersebut adalah terciptanya lokasi seperti sebuah “ruang tinggal komunitas” dimana warga setempat dapat berkumpul bersama dengan bebas.

Komposisi Bangunan

Tsutaya Books biasanya membuka toko bukunya di bangunan rendah atau sebagai penyewa di sebuah bangunan. HIRAKATA T-SITE ini merupakan toko gedung sembilan lantai, yang pertama untuk Tsutaya Books. Akibatnya, kunci dalam perencanaannya adalah bagaimana menyusun jalan buku yang menghubungkan lantai atas dan bawah bangunan dan bagaimana menyambung jalan buku dengan jalan lainnya. Fasad yang menghadap plaza stasiun sudah seluruhnya selesai dengan dinding kaca sehingga atmosfer di dalam gedung yang sibuk dapat terlihat dari luar. (Foto 2)

Dalam bangunan HIRAKATA T-SITE, tiap usulan ruang tinggal diperlakukan sebagai suatu volume, yang tidak disusun lurus ke atas dan vertikal, tetapi disusun dengan bentuk bergantian seperti Jenga. Dengan demikian, dihasilkan ruang atrium dua lapis yang nyaman.

Pada sisi depan stasiun, ada tujuh struktur kotak yang menjorok. Tiga struktur kotak yang disusun pada lantai ke empat hingga ke lima terdiri dari atrium dua lapis dan dinding luar seluruhnya terbuat dari dinding tirai kaca. Struktur kotak menjorok ke depan stasiun hingga sekitar 5 meter. Tingginya sekitar 8,5 m dan lebar sekitar 7,5 m, dan rak buku yang disusun pada permukaan dinding hingga ketinggian langit-langit berperan menghubungkan lantai atas dengan lantai bawah. (Foto 3)

Dilihat dari tampak potongan melintang, atrium dua lapis terusun dalam bentuk tumpukan yang bergantian ke arah sisi stasiun dan ke sisi sebaliknya stasiun untuk memberikan kesan seolah-olah ruang dalam seluruh lantai saling terhubung. (Gbr. 1)

Tiap atrium berukuran kecil tetapi keterhubungannya menimbulkan rasa keterpaduan konstruksi. Prioritas dari rencana struktur HIRAKATA T-SITE adalah agar tiap pengunjung

merasa seolah-olah sedang berada di dalam ruang tinggal mereka sendiri atau di rumah ketika berada di bagian manapun di HIRAKATA T-SITE.

Foto 2 Kesibukan di dalam HIRAKATA T-SITE yang mengalir ke depan stasiun

Foto 3 Pandangan kebawah ke jalan masuk ke atrium lantai satu dari lantai tiga

Gbr. 1 Gambar Potongan

Konsep Tampilan Bangunan

Biasanya, pada konstruksi fasilitas komersial yang berada di atas tanah yang mahal, karena kebutuhan akan pelat lantai yang besar yang akan memenuhi lokasi konstruksi, kecenderungannya adalah membangun dinding yang datar dan lebar. Dalam proyek ini terdapat beberapa teras puncak atap pada sisi yang menghadap bagian depan stasiun karena tumpukan berganti dari struktur kotak yang volumatis.

Kemudian, dengan mengandalkan teras puncak atap untuk digunakan sebagai tempat bermain untuk anak-anak dan lokasi restoran dan kafe, kami berusaha untuk menghasilkan lansekap dimana orang-orang dapat berkumpul bersama di depan stasiun. Sebagai lansekap tempat berkumpul, teras perlu terlihat dari teras sekitar, mata orang yang datang untuk berbagai keperluan dapat saling terjalin dan yang hadir dapat merasakan kehadiran orang lain. Apabila teras diatur secara linier sepanjang plaza, kondisi demikian tidak akan terjadi. Yang penting disini adalah bahwa klaster orang-orang dengan simpati yang identik dalam hal gaya hidup dapat terlihat satu sama lain.

Ruang dalam daripada struktur kotak yang menjorok berfungsi sebagai “ruang tinggal komunitas,” dan permukaan luar daripada struktur kotak berperan sebagai permukaan dinding plaza di depan stasiun. Dengan demikian, gedung HIRAKATA T-SITE menjadi bagian dari plaza di depan stasiun.

Bagian Dalam Bangunan

Karena proposal utama dalam proyek ini adalah untuk “menciptakan “ruang tinggal komunitas” yang santai, penentuan skala tiap elemen bangunan menjadi penting. Bila ruang tinggal, pengunjung, dan buku dianggap sebagai pemain utama, maka ukuran member struktural akan menjadi sangat besar dan akan mengakibatkan terasa ada yang tidak tepat. Sebagai contoh, bila ukuran kolom di jalan buku mencapai diameter 600 mm, keseimbangan konstruksi bangunan akan berkurang. Untuk memecahkan masalah ini, kami

menganggap bahwa, apabila inti di sisi timur dan struktur kotak di sisi kanan diperlakukan sebagai elemen tahan gempa dan bila desainnya dapat dibuat sedemikian rupa sehingga gaya aksial ditahan hanya oleh kolom, diameter kolom dapat berkurang hingga 300 mm atau kurang. Akhirnya, kolom dengan diameter 267,4 mm ditetapkan oleh desainer struktur.

Perencanaan Struktural

Konsep desain HIRAKATA T-SITE dibuat berdasarkan “menciptakan ruang tinggal komunitas yang relaks.” Desainer struktur memahami konsep sebagai “terciptanya ruang selamat yang memberikan keamanan.” Walaupun ada bangunan yang menunjukkan rasa keselamatan dan keamanan dengan bangunan mega-struktur, kami menganggap bahwa sistim demikian tidak tepat untuk HIRAKATA T-SITE. Bila hendak menyediakan ruang yang nyaman dan santai, lebih baik tidak mengekspose struktur bangunan ke luar. Dengan alasan ini, kami tidak mengekspose member struktur dengan cara mengadopsi member tipis dan ramping.

Terkait keselamatan struktur, klien kami sangat menginginkan ketahanan gempa HIRAKATA T-SITE ditetapkan 1,25 kali yang ditentukan di Peraturan Standar Bangunan Jepang. Untuk mencapai kinerja yang compatible daripada ruang yang nyaman dan ketahanan gempa, diperlukan perencanaan struktur yang liat agar ruang sempit dimana tersusun member struktur dapat dimanfaatkan dengan optimum. Berbagai cara digabungkan ke dalam konstruksi bangunan—contohnya, dalam konstruksi fasad, disamping penggunaan member struktur ramping, digunakan juga beberapa cara agar member ramping juga memiliki ketahanan gempa bahkan ketika digunakan sebagaimana adanya.

Salah satu elemen tahan gempa yang digunakan adalah dinding tahan gempa pelat baja gelombang, yang disusun pada sisi inti. Walau dinding tersebut mengakibatkan deformasi plastis selama gempa bumi besar, kekuatan fatiknya tinggi, dan karenanya dinding tersebut memiliki struktur yang berfungsi sebagai member kontrol respons untuk menyerap energi gempa.

Elemen Tahan Gempa

Dinding tahan gempa pelat baja gelombang disusun pada sisi inti. Smentara itu, pada fasad pada sisi plaza stasiun yang terbuka ke arah luar, hampir tidak ada terpasang elemen tahan gempa, sehingga menimbulkan

risiko seluruh struktur bangunan mengalami perilaku torsi selama gempa bumi. Untuk memperbaikinya, kami memeriksa apakah eksentrisitas ini dapat ditekan dengan cara membuat hampir semua struktur kotak yang menjorok menjadi elemen tahan gempa. Agar struktur kotak yang menjorok dapat menunjukkan sedikit rijiditas tinggi terhadap gaya gempa yang mengubah bentuk struktur kotak menjadi bentuk belah-ketupat, maka kolom dan balok disisipkan ke dalam panel rangka luar struktur kotak. (Foto 4)

Selanjutnya, beberapa cara digunakan untuk menambah rijiditas struktur kotak—termasuk penggunaan pipa baja isi beton (CFT) untuk kolom yang menopang struktur kotak, dan juga penambahan ukuran balok keliling. (Gbr. 2)

Hasilnya, eksentrisitas keseluruhan struktur bangunan berhasil ditekan tanpa penggunaan bresing atau member diagonal lainnya di permukaan terbuka pada sisi plaza stasiun melainkan hanya dengan mengoptimalkan penggunaan struktur kotak.

Aspek lebar panel *finishing* rangka luar adalah 400 mm. Untuk menyesuaikan kolom dan balok ke dalam lebar ini, lebar luar kolom dan balok perlu ditekan menjadi 300 mm atau kurang untuk permukaan dinding dan menjadi 330 mm atau kurang untuk permukaan lantai. Hal ini menjadi rintangan besar dalam desain struktural.

Aspek lebar panel penting untuk ruang bentuk kotak daripada atrium kotak dua-lapis yang dikelilingi oleh buku. Ketika aspek lebar melampaui 400 mm, ukuran yang lebih besar ini tidak sesuai dengan tujuan desain atrium sehingga menghilangkan *sense of living*. Karenanya, kami meminta tim struktur untuk tidak melampaui lebar 400 mm.

Bila ruang yang tersedia hanya 300 mm untuk susunan kolom, hal terbaik yang biasanya dilakukan adalah menyusun hanya kolom yang dapat mendukung ruang atrium bentuk kotak. Akan tetapi, untuk menambah keselamatan walaupun hanya sedikit, tiap cara yang ada dipergunakan termasuk metode penyesuaian kolom.

Foto 4 Konstruksi struktur baja

Gbr. 2 Susunan Member Rangka Baja

Adopsi Pipa Baja *Seamless* untuk Kolom

Untuk di tengah bangunan diputuskan untuk mengadopsi pipa baja bulat tanpa sudut sebagai kolom karena aplikasinya tidak saja menawarkan pemahaman akan skala struktur tetapi juga lebih memungkinkan

pemanfaatan ruang yang ada dan tidak menimbulkan bahaya bagi pengunjung yang lewat. Kemudian, untuk membuat ukuran pipa setipis mungkin, digunakan pipa baja *seamless* dinding tebal. Diameter luar disamakan menjadi 267,4 mm untuk tiap lantai, dan tebal dinding kolom pipa baja yang mendukung beban terberat pada lantai terbawah ditetapkan 55 mm. Karena tanpa sambungan (*seamless*), tidak ada butiran las pada pipa dan karenanya baik untuk digunakan sebagai kolom.

Dalam praktek pada umumnya dalam pembuatan pipa baja bulat, pelat baja dibulatkan dan disambung las. Ketika digunakan pelat baja dinding tebal untuk manufaktur pipa dinding tebal, sulit dilakukan pembengkokkan dan pengelasannya, dan karenanya tidak mudah memanufaktur kolom pipa baja dengan ketebalan dinding tebal tapi dengan diameter ramping. Sebaliknya, pipa baja tanpa sambungan (*seamless*) dimanufaktur dengan melubangi pusat *billet* bulat yang tidak bercacat, sehingga dapat dikatakan bahwa pipa *seamless* adalah yang paling cocok untuk digunakan sebagai kolom yang membutuhkan dinding tebal namun diameter ramping.

Pipa baja tanpa sambungan dengan diameter luar dan ketebalan dinding yang ingin kami adopsi tidak tersedia dalam rentang ukuran dari produsen baja. Akan tetapi, setelah negosiasi dengan produsen, dipastikan bahwa ukuran yang diinginkan dapat dibuat dengan penyesuaian awal dengan fabrikator dan *fitting* sambungan las di lokasi untuk pipa dinding berat, yang pada akhirnya berhasil dilakukan. (Foto 5~6, Gbr. 3)

Salah satu cara yang diterapkan dalam konstruksi bangunan ini adalah menambahkan profil H yang biasa digunakan ke kolom pipa baja kotak yang biasa digunakan.

Foto 5 Pipa baja berat tanpa sambungan digunakan sebagai kolom

Foto 6 Struktur bangunan menggunakan pipa baja berat tanpa sambungan

Gbr. 3 Susunan Member struktural Baja di Lantai Keempat.

Kebutuhan akan Struktur Baja Masa Depan

Kolom bulat dengan diameter luar 267,4 mm yang digunakan dalam konstruksi HIRAKATA T-SITE dianggap tidak mudah diproduksi dengan menggunakan beton bertulang. Dengan kata lain, daya tarik baja lah yang dapat merealisasikan. Dengan kata lain, daya tarik baja lah yang dapat merealisasikan seksi struktural yang membutuhkan kekuatan tinggi,

sekalipun dengan menggunakan member yang cukup kecil. Sebaliknya bahkan ketika digunakan member baja ramping, sering terjadi member yang dirancang ramping menjadi tebal karena adanya pelapis proteksi api—sehingga dapat mengecewakan. Karenanya, kami sangat mengharapkan akan ditemukan metode aplikasi yang memanfaatkan kerampingan baja.

Dalam produksi baja, profil H dan profil I dimensi lebar maupun sempit banyak tersedia, dan ukuran-ukuran tertentu dapat juga diperoleh dalam keadaan siap. Kolom baja las kotak terpasang yang digunakan dalam proyek ini dapat diproduksi dan juga member baja dapat dibuat ramping. Ini merupakan daya tarik lain daripada baja dimana baja dapat diusahakan untuk berbagai aplikasi struktur yang mengekspose bajanya serta kegunaannya dalam desain.

Garis Besar HIRAKATA T-SITE

Lokasi: Okahigashicho, Hirakata, Osaka

Pemilik proyek: SO-TWO Inc. (perwakilan pemilik tanah)

Kegunaan utama: Toko, restoran, bank, perparkiran

Luas: Luas lokasi 2.723,59 m²; Luas bangunan 2.494,07 m²; Total luas lantai 17.533,44 m²

Struktur: Baja, sebagian SRC

Jumlah lantai: 1 *basement*, 9 lantai di atas muka tanah

Tinggi maksimum: 39.830 mm

Arsitektur, interior: Takenaka Corporation

Interior TSUTAYA BOOKS: CCC Design Company, Takenaka Corporation

Pencahayaan: Uchihara Creative Lighting Design Inc.

Rambu: Nippon Design Center, Inc.

Seni Grafis: Hiromura Design Office

Bahan: Studio Akane Moriyama

Konstruksi: JV of Takenaka Corporation and Maeda Corporation

Periode desain: Juni 2013~Desember 2014

Periode konstruksi: Januari 2015~Februari 2016



Photo 1 HIRAKATA T-SITE featuring protruding box structures



Photo 2 Bustling inside the HIRAKATA T-SITE overflowing into the plaza in front of the station



Photo 3 Looking down the first-floor atrium entrance from the third floor

Fig. 1 Sectional Drawing

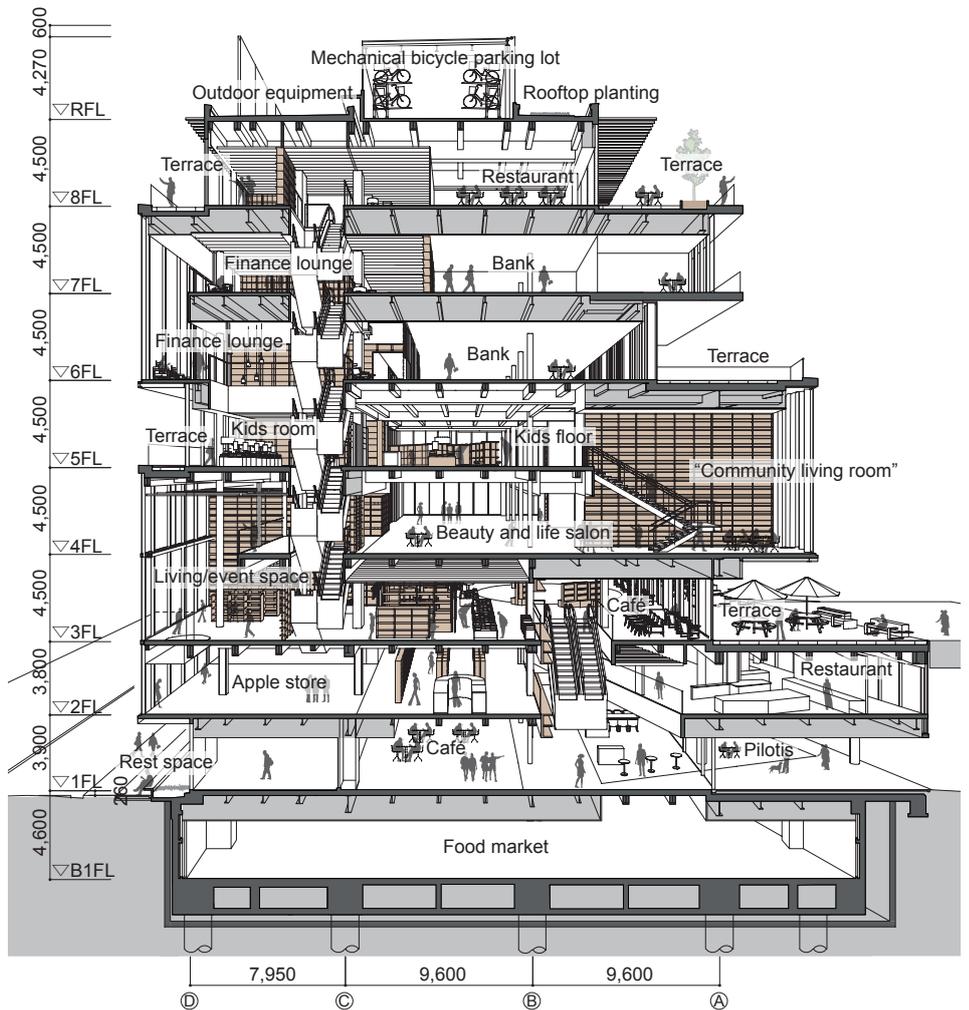


PHOTO: TAKENAKA CORPORATION



Photo 4 Steel structure construction

Fig. 2 Arrangement of Steel Frame Members

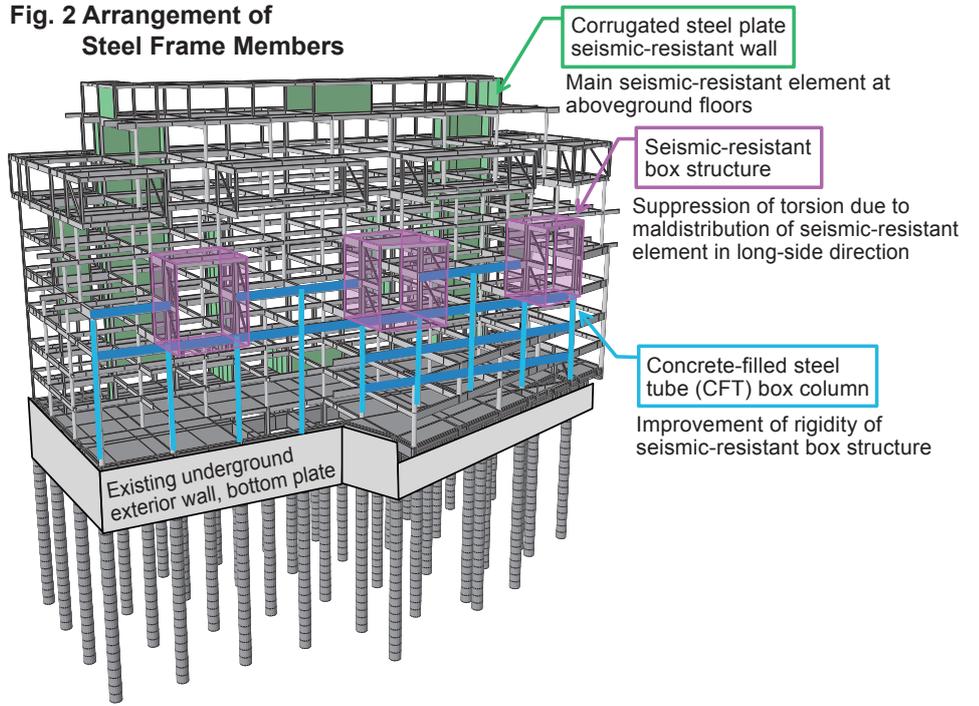


PHOTO: TAKENAKA CORPORATION



Photo 5 Heavy-wall seamless steel tube used as column

Fig. 3 Arrangement of Steel Structural Members at Fourth Floor

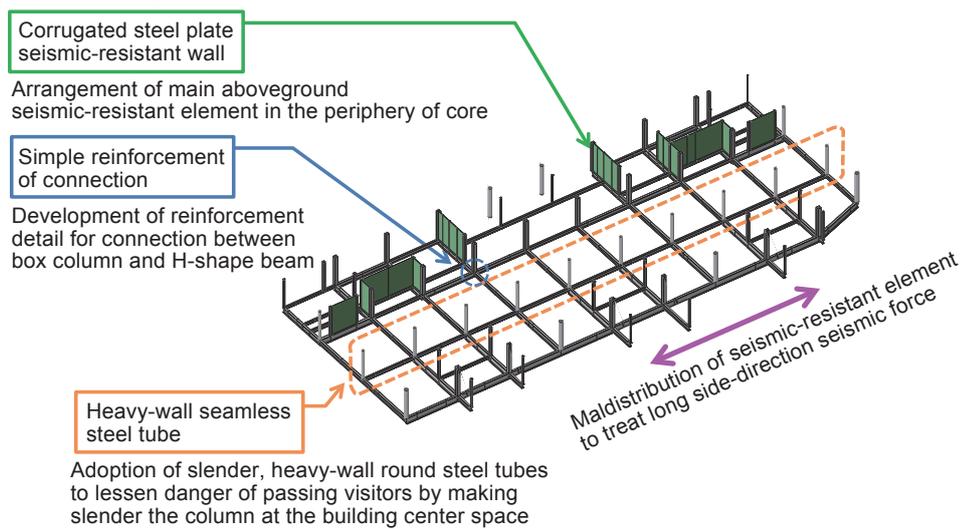


PHOTO: TAKENAKA CORPORATION



Photo 6 Building structure employing heavy-wall seamless steel tube

(Sampul belakang)

Operasi FBBJ

Dukungan untuk Lokakarya Struktur Baja di Jakarta

Lokakarya Struktur Baja di Jakarta dilaksanakan pada tanggal 19 Juli 2018. Lokakarya ini diselenggarakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan (PUPR) Indonesia dimana Federasi Besi dan Baja Jepang (FBBJ) dan Masyarakat Konstruksi Baja Jepang (MKBJ) berpartisipasi sebagai pendukung.

Peserta yang hadir berjumlah lebih dari 60 orang—yang berkerja di instansi pemerintah terkait dan industri, dan profesor dari universitas. Setelah pembukaan oleh Menteri Urusan Ekonomi Kedutaan Jepang di Indonesia dan Direktur Jenderal Syarif dari Departemen Konstruksi PUPR, sejumlah kuliah terkait konstruksi baja disampaikan oleh beberapa dosen dari Jepang dan Indonesia. Dalam kesempatan ini, PUPR menyatakan intensinya untuk membangun Masyarakat Konstruksi Baja Indonesia (MKBI) dengan mengumpulkan berbagai pihak yang terkait dengan besi dan baja baik sektor publik maupun swasta di Indonesia. Dalam hal ini MKBJ diharapkan berperan dalam mendorong diseminasi konstruksi baja di Indonesia.

Kementerian Ekonomi, Perdagangan dan Industri Jepang mendukung “Proyek Bantuan Pemeliharaan Sumber Daya Manusia untuk Memperkenalkan dan Diseminasi Teknologi Baja Jepang untuk Pencegahan Bencana di Indonesia” selama tiga tahun dari 2014. Selanjutnya, FBBJ dan MKBJ bersama-sama telah mempromosikan berbagai proyek untuk diseminasi konstruksi baja di Indonesia. Terkait dengan ini, FBBJ dan MKBJ sudah menawarkan advis dan kerjasama kepada PUPR dan organisasi terkait lainnya mengenai pembentukan MKBI

(Photo) Lokakarya Struktur Baja di Jakarta

Penyampaian Kuliah di Konferensi IBBAT

Konferensi dan Eksibisi IBBAT (Institut Besi dan Baja Asia Tenggara) diadakan pada tanggal 25~28, 2018 di Ritz-Carlton Jakarta di Indonesia, dimana Federasi Besi dan Baja Jepang (FBBJ) mengirimkan Ketua Kenichiro Fujimoto dari Komite Internasional Strategis Lingkungan (Div. Lingkungan, Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation) untuk menyampaikan kuliah.

Dalam sesi 10B Manajemen Lingkungan pada hari ketiga Sesi konferensi, ia menyampaikan presentasi berjudul “Daya Saing Baja dari Perspektif Lingkungan.” Secara khusus, ia memperkenalkan inisiatif industri baja Jepang untuk memelihara lingkungan global—teknologi pengurangan emisi CO₂ yang sangat efisien dan Couse 50 (*CO₂ Ultimate Reduction in Steelmaking process by Innovative technology for cool Earth 50*) dan juga menjelaskan bahwa baja merupakan material kinerja tinggi dari perspektif asesmen siklus layan. Presentasinya pada Konferensi IBBAT diliput banyak pers baja Jepang dan menarik banyak perhatian.

(Photo) Kuliah disampaikan oleh Ketua Kenichiro Fujimoto dari Komite Internasional Strategis Lingkungan FBBJ

