

ABSTRAK

PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM RCS (*REINFORCED CONCRETE STEEL*) TERHADAP BEBAN SIKLIK

Oleh

Yudi Herdiansah

NIM: 35014006

(Program Studi Doktor Teknik Sipil)

Sistem struktur RCS (*Reinforced Concrete Steel*) merupakan sistem struktur yang baru dikembangkan dalam beberapa dekade terakhir. Sistem struktur RCS merupakan sistem komposit rangka pemikul momen, yang terdiri dari balok baja dan kolom beton bertulang. Sistem struktur RCS memiliki keunggulan dari segi struktural, efisiensi biaya konstruksi, dan kemudahan konstruksi dibandingkan sistem rangka pemikul momen beton bertulang dan baja konvensional. Sistem struktur RCS menggabungkan kelebihan dari material beton dan baja sebagai komponen struktur dan membentuk sistem struktur yang efisien. Kajian mengenai sistem RCS yang dapat diterapkan di zona gempa kuat baru dimulai pada awal tahun 1990-an. Detail sambungan balok-kolom sistem RCS masih terus dikembangkan untuk mendapatkan detail sambungan yang memiliki kinerja dan perilaku yang baik terhadap gempa dan dapat diterapkan pada lokasi dengan zona gempa kuat. Di samping itu, arah perkembangan konstruksi menuju sistem pracetak mendorong inovasi dalam mengembangkan sistem struktur RCS pracetak.

Permasalahan utama dalam sambungan balok-kolom RCS adalah tumpu vertikal pelat sayap balok pada kolom beton yang dapat menyebabkan beton hancur (*crushing*) dan dapat menimbulkan gap yang menyebabkan terjadinya *rigid body rotation* (RBR) balok baja di sambungan. Permasalahan lainnya berkaitan dengan *constructability*, dimana rasio volume baja terhadap beton pada sambungan balok-kolom RCS cukup besar, oleh karena keberadaan balok, tulangan longitudinal dan sengkang. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji detail sambungan balok-kolom RCS yang dapat diterapkan pada konstruksi pracetak, dan mengembangkan komponen detail sambungan yang mampu memobilisasi *strut* tekan beton. Sambungan balok-kolom RCS dengan *void web* diharapkan dapat mengatasi permasalahan *constructability* untuk diterapkan pada konstruksi pracetak. Untuk menggantikan kontribusi kuat geser sambungan pelat badan balok baja (*web*) yang dihilangkan, komponen detail sambungan *additional band plates* (ABP) dan *extended band plates* (EBP) dikembangkan, dan diharapkan dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan, serta mencegah terjadinya RBR pada sambungan sambungan-balok kolom.

Penelitian dilakukan melalui pengujian ekperimental yang dilakukan terhadap 4 benda uji berupa sambungan balok-kolom interior *sub assemblage* RCS, yang dikenakan beban lateral siklik bolak balik, melalui kontrol perpindahan (*displacement control*) pada kolom bagian atas. Beban aksial minimum diaplikasikan pada kolom untuk memberikan pengaruh yang konservatif pada kekuatan sambungan. Satu benda uji didesain dengan detail standar mengacu pada ASCE Guidelines (1994) dengan komponen detail yang dikembangkan oleh Liang dan Parra-Montesinos (2004), sedangkan 3 benda uji lainnya merupakan sambungan balok-kolom RCS dengan *void web*, dengan variasi komponen detail ABP, EBP, dan rasio sengkang pada sambungan. Penelitian juga dilakukan secara numerik melalui analisis dengan metode elemen hingga dengan bantuan *software*, untuk mendapatkan parameter-parameter yang tidak bisa didapatkan melalui pengujian eksperimental.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya *void web*, *constructability* sistem struktur RCS menjadi lebih baik, tanpa mengurangi kekuatan dan kekakuan sambungan balok-kolom. Keempat benda uji menunjukkan respon keseluruhan yang cukup stabil, dan mampu mempertahankan kekuatan sampai rasio *drift* di atas 4,0% tanpa menunjukkan pengurangan kekakuan yang signifikan. Kombinasi detail sambungan EBP mampu menyumbangkan kekangan yang cukup besar pada panel sambungan, dan mengaktifkan *strut* tekan beton menjadi lebih efektif menyumbangkan kekuatan dan kekakuan geser sambungan. EBP mampu mereduksi tingkat kerusakan pada panel beton di area sambungan pada level rasio *drift* yang tinggi, yaitu di atas 4,0%. Sambungan balok baja dan kolom beton bertulang dengan detail yang diusulkan tersebut mampu memenuhi persyaratan deformasi dan kekuatan berdasarkan ANSI/AISC 341-10 sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus-Komposit (SRPMK-K), yang dapat diterapkan di wilayah dengan zona gempa kuat. Persamaan kuat geser sambungan berdasarkan ASCE Guidelines 1994 dan *Update Guidelines* memberikan nilai yang konservatif untuk desain, untuk itu faktor kuat geser sambungan panel beton bagian dalam dan luar diusulkan dalam penelitian ini, untuk mengakomodasi detail sambungan RCS dengan *void web* dan komponen detail yang diusulkan.

Kata kunci : RCS, sambungan balok-kolom, *constructability*, *void web*, beban siklik.

ABSTRACT

BEHAVIOR OF RCS (REINFORCED CONCRETE STEEL) BEAM-COLUMN CONNECTIONS UNDER CYCLIC LOAD

By

Yudi Herdiansah

NIM: 35014006

(Doctoral Program in Civil Engineering)

The RCS (Reinforced Concrete Steel) structural system is a structural system that has developed in recent decades. The RCS structural system is a composite moment frame system consisting of steel beams and reinforced concrete columns. RCS structural system has advantages in terms of structural, construction cost efficiency, and ease of construction compared to the conventional reinforced concrete structure and steel structure. The RCS structural system combines the advantages of concrete and steel material as structural components and forms an efficient structural system. The study of the RCS system applied in strong earthquake zones only began in the early 1990s. The detail of the RCS connection for the beam-column connection still being developed to obtain connection details that have good performance and behavior against earthquakes and applied to locations with strong earthquake zones. Besides, the direction of the development of construction towards precast systems encourages innovation in developing precast RCS structural systems.

The main problem in RCS beam-column joints is vertical wing plate support in concrete columns, which can cause concrete crushed and gaps in the beam-column interface, which causing rigid body rotation (RBR). Another problem is related to constructability, where the ratio of the volume of steel to concrete in RCS beam-column joints is quite large, due to the presence of beams, longitudinal reinforcement, and stirrups. This research examined the details of RCS beam-column joints, which are applied to precast construction and developed joint detail components that can mobilize concrete compressed struts. RCS beam-column connection with the void web expected to overcome the constructability problem to be applied to precast construction. To replace the shear strength contribution of the steel beam body (web) plate joints that have removed, the additional band plates (ABP) and extended band plates (EBP) joint components were developed and were expected to increase strength and stiffness, and prevent the occurrence of RBR in the connection joint-column beam.

The study conducted experimental testing on four specimens in the form of RCS sub-assembly interior beam joints, which are subjected to alternating cyclic lateral loads, through displacement control in the upper column. The minimum axial load is applied to the column to have a conservative influence on the strength of the connection. One specimen designed with standard detail according to ASCE Guidelines (1994) with detailed components developed by Liang and Parra-Montesinos (2004), while the other three specimens are RCS beam-column joints with void webs, and variations in ABP detail components, EBP, and the stirrup ratio at the connection. The study was also carried out numerically through analysis with the finite element method using software, to obtain parameters that cannot be delivered by experimental testing.

The results showed that with the web voids, the RCS structural system's constructability improved, without reducing the strength and stiffness of the beam-column connection. The four specimens showed a stable overall response and were able to maintain strength to a drift ratio above 4.0% without showing a significant stiffness reduction. The combination of the EBP connection details can contribute to a significant amount of restraint on the joint panel and enable the concrete strut to be more effective in contributing to the strength and shear rigidity of the connection. EBP can reduce the level of damage to concrete panels in the connection area at a high level of drift ratio, which is above 4.0%. The steel beam joints and reinforced concrete columns with the proposed details can meet the deformation and strength requirements based on ANSI/AISC 341-10 as a Special-Composite Moment Resistant Frame System (SRPMK-K), which applied in areas with strong earthquake zones. The joint shear strength equation based on the 1994 ASCE Guidelines and Update Guidelines provides a conservative value for the design. Therefore the shear strength factor of the inner and outer concrete panel joints is proposed in this study to accommodate the RCS connection details with the web voids and the proposed detail components.

Keywords: RCS, beam-column connections, constructability, void web, cyclic load.