

梁端部に貫通孔を設けた SRC 有孔梁の基本的力学性状に関する実験的研究
(その2 実験結果及び考察)

正会員 ○ 平山貴章*1
同 池田秀樹*2
同 村田 学*1
同 角屋治克*1

SRC 有孔梁 貫通孔補強
塑性変形能力 梁端部

4. 実験結果

4.1 終局耐力 表4に本実験より得られた各試験体の最大耐力 eP_{max} と、耐力の計算値を示す。無孔梁の終局曲げモーメント M_{uh} と終局せん断耐力 Q_{uh} は「SRC 構造計算規準」より求めた。有孔梁の M_{uh} はRC部分の耐力を「SRC 構造計算規準」により求め、鉄骨部分の耐力をウェブの断面積が最も小さくなる部分における鉄骨とリングの全塑性モーメントとして求め、それらの累加とした。有孔梁の Q_{uh} はRC部分の耐力を「RC 構造計算規準」により求め、鉄骨部分の耐力を式(1)に示すようにウェブの断面積が最も小さくなる部分の断面におけるウェブの降伏せん断耐力とリングの耐力⁹⁾の累加として求め、それらの累加とした。無孔梁の終局耐力計算値 cP_u は Q_{uh} と M_{uh} をスパンで除した値 Q_{buh} の小さい方とし、有孔梁の cP_u は Q_{uh} と M_{uh} を載荷点から貫通孔位置までの距離で除した値 Q_{buh} と無孔部分の cP_u のうち最も小さい値とした。

cP_u は18-200SAを除く全ての試験体が無孔部分の曲げ耐力、18-200SAが Q_{uh} により求められており、貫通孔周りに大きなせん断変形がみられた18-200SAの破壊性状とよくあっている。また、 eP_{max}/cP_u は41シリーズが1.18～1.19、18シリーズが1.36～1.47となっており実験結果を概ね妥当に評価している。

4.2 履歴曲線 41シリーズの全ての試験体はほぼ同じような履歴曲線を描いており、41シリーズを代表させて図5に41-NH、図6に41-200SA-2Hの荷重変形関係を示す。18シリーズは18-200SAを除く全ての試験体がほぼ同じような履歴曲線を描いており、18シリーズを代表させて図7に18-NH、図8に18-200SA、図9に18-200LDBの荷重変形関係を示す。荷重変形関係の縦軸はアクチュエーターにより載荷した水平荷重、横軸は載荷点における水平変位から求めた部材角とした。

変位の増加に伴い荷重が増加し、41シリーズは $R = \pm 1/100 \sim 1/50$ 付近で大きな剛性の低下がみられ、18シリーズは $R = \pm 1/150 \sim 1/100$ 付近で大きな剛性の低下がみられた。その後、18-200SAを除く全ての試験体

は荷重の低下がほぼみられずアクチュエーターの変位限界にいたり載荷を終了した。200SAは $R = \pm 1/100$ のサイクル以降、荷重が前のサイクルの最大荷重を上回らず載荷サイクルの進展に従ってそのサイクルの最大荷重は低下し、最終サイクル

表4 最大耐力実験値及び終局耐力計算値

試験体名	eP_{max} (kN)	M_{uh} (kN·m)	Q_{uh} (kN)	Q_{buh} (kN)	cP_u (kN)	eP_{max}/cP_u
41-NH	308	568	651	261	261	1.18
41-200SA	310	569	431	304	261	1.19
41-200SA-2H	312	569	431	304	261	1.19
18-NH	836	539	733	567	567	1.47
18-100SA	775	557	650	742	567	1.37
18-100SA-E	826	557	649	742	567	1.46
18-200SA	654	566	479	755	479	1.36
18-200LDB	825	742	710	990	567	1.46

eP_{max} : 最大耐力実験値 M_{uh} : 貫通孔部分の終局曲げモーメント
 Q_{uh} : 貫通孔部分の終局せん断耐力 Q_{buh} : M_{uh}/L_h
 L_h : 載荷点から貫通孔位置までの距離, 無孔の場合はスパン
 cP_u : $\text{Min}(Q_{uh}, Q_{buh})$, 有孔の場合は $\text{Min}(Q_{uh}, Q_{buh}, cP_{uNH})$
 cP_{uNH} : 無孔部分の cP_u

$$Q_{uh} = rQ_{uh} + sA_{wh} \cdot s\sigma_y / \sqrt{3+4} \cdot Z_{PR} \cdot r\sigma_y / (R_h + tr/2) \dots (1)$$

rQ_{uh} : 「RC 構造計算規準」により求めた RC 部分の終局せん断耐力
 sA_{wh} : 最も小さくなる鉄骨ウェブ断面積 $s\sigma_y$: 鉄骨ウェブ降伏応力度
 $r\sigma_y$: リング降伏応力度 R_h : 貫通孔半径
 tr : リング肉厚 Z_{PR} : リング肉断面積の塑性断面係数

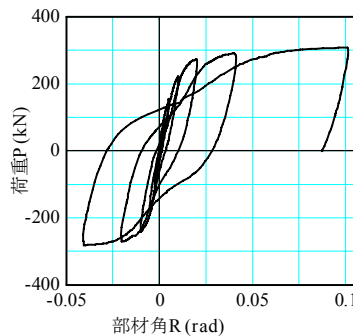


図5 41-NH 荷重変形関係

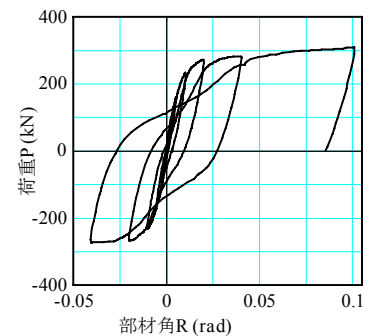


図6 41-200SA-2H 荷重変形関係

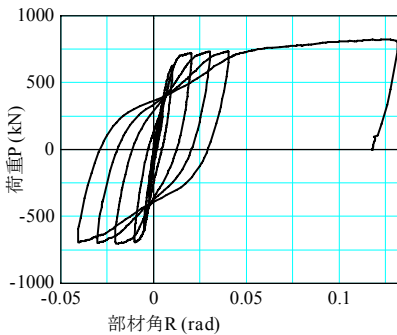


図7 18-NH 荷重変形関係

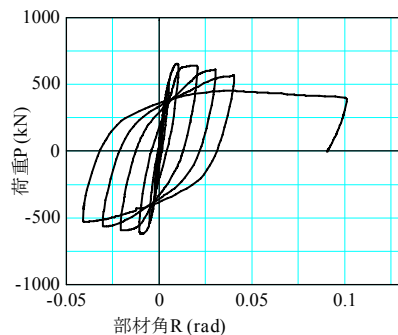


図8 18-200SA 荷重変形関係

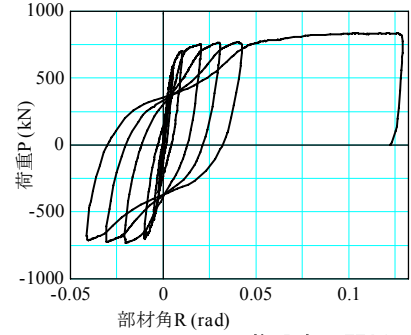


図9 18-200LDB 荷重変形関係

Experimental Study on the Fundamental Behavior of SRC Beams with Openings at the end of Beams(Part2 Experimental Results and Discussions)

HIRAYAMA Takaaki, IKEDA Hideki, MURATA Manabu, KADOYA Haruyoshi

において荷重の低下がみられ、荷重が約10%低下したため載荷を終了した。

4.3 包絡線 履歴曲線から得られた荷重変形関係の包絡線を作成し、図10,図11に41シリーズ,18シリーズの包絡線をそれぞれ示す。41シリーズは全ての試験体が同等の耐力、剛性及び変形能力を示しており、せん断力が大きく作用せずに曲げ降伏するようなSRC梁は、梁端部に貫通孔を設けた場合や連続して貫通孔を設けた場合の影響は小さいといえる。

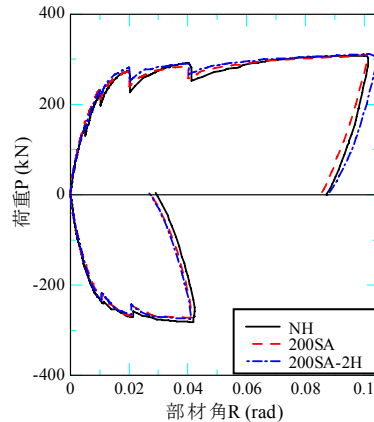


図10 41シリーズ包絡線

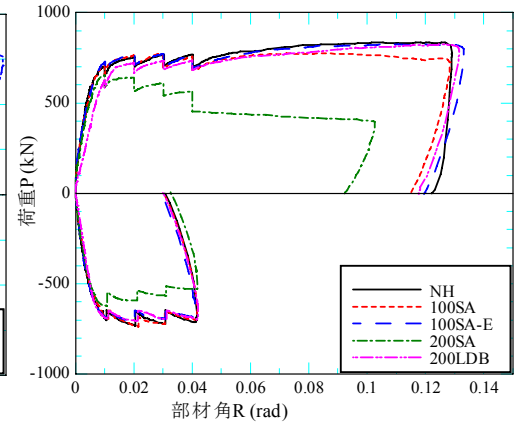


図11 18シリーズ包絡線

18シリーズは18-200LDBの正側の剛性以外の全ての試験体において同等の剛性を示している。18-200LDBの正側は他の試験体に比べて若干剛性が小さくなっている。これは試験体を設置するとき試験体に荷重が作用し、残留変位がある状態を初期状態としたためと考えられる。18-200LDBの負側は他の試験体と同等の剛性を示しており、貫通孔が剛性に与える影響は小さいといえる。18シリーズは18-200SA以外を除く全ての試験体がほぼ同等の耐力を示しており、18-200SAは他の試験体に比べて著しく小さい耐力を示している。また、18-200SAは他の試験体に比べ早期に耐力が低下しており変形性能が小さい。貫通孔部分がせん断破壊する場合は変形性能が小さくなると考えられる。18-100SAと18-100SA-Eはほぼ同等の耐力、剛性、変形性能を示しており、貫通孔が偏心した場合の影響は小さいといえる。

5. 歪分布性状

図12に18シリーズにおける歪分布性状を示す。歪測定位置は図12に示すように引張側梁フランジの外側及び引張側梁主筋の梁端部付近とした。歪は試験体が十分塑性化していると考えられる部材角約1/50における分布とし、歪の値は図12に示す位置に貼付した歪ゲージにより測定した各サイクルの値を部材角約1/50まで累積した値とした。

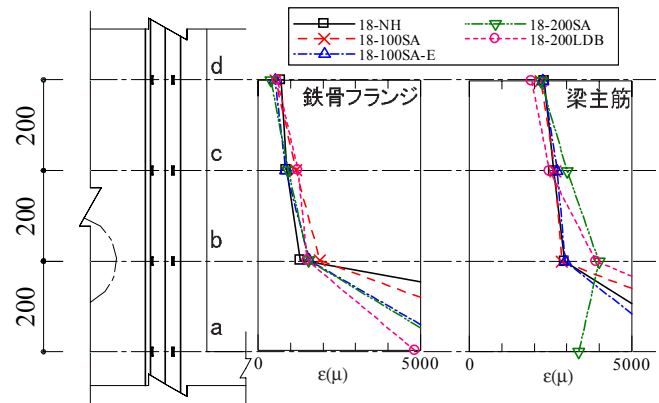


図12 歪分布

余裕度が0.85となりWは他の試験体に比べて著しく小さい値を示している。18-200SAを除く試験体は全て曲げ降伏、18-200SAは貫通孔部分のせん断破壊により終局状態に至っており、せん断余裕度が1.0を下回ると試験体がせん断破壊しエネルギー吸収量が著しく小さくなる。また、せん断余裕度が1.15以上であれば無孔梁と同等のエネルギー吸収能力が得られる。

7. まとめ

本実験により以下の知見が得られた。せん断余裕度が1.15以上であれば梁端部の貫通孔を設けても無孔梁と同等のエネルギー吸収能力が得られ、連続孔、偏心孔の影響はほぼ無視できる。

全ての試験体の鉄骨フランジ及び18-200SAを除く試験体の梁主筋の歪分布性状は梁端部柱面付近aの歪が最も大きく柱面から遠ざかるに従い歪が小さくなる傾向が見られる。全ての試験体の鉄骨フランジ及び18-200SAを除く試験体の梁主筋が曲げモーメントにより十分塑性化していることが確認できた。18-200SAの梁主筋は貫通孔部分bの歪が最も大きくなり、aの歪はbの歪よりも小さくなっている。18-200SAは貫通孔部分がせん断破壊しているため、梁端部における梁主筋の歪が他の試験体に比べ小さく、梁主筋のエネルギー吸収が他の試験体に比べ小さいと考えられる。

6. エネルギー吸収能力

表5に18シリーズのエネルギー吸収量Wとせん断余裕度 Q_{uh}/Q_{bu} を示し、図13に18シリーズのWと Q_{uh}/Q_{bu} の関係を示す。エネルギー吸収量Wは荷重変形関係における各サイクルの履歴ループ面積を累加した値である。18-200SAを除く試験体は全てせん断余裕度が1.15~1.29となりWはほぼ同程度の値を示している。18-200SAはせん断

表5 Wと Q_{uh}/Q_{bu}

試験体名	Q_{uh}/Q_{bu}	W (kN・rad)
18-NH	1.29	219
18-100SA	1.15	214
18-100SA-E	1.15	218
18-200SA	0.85	159
18-200LDB	1.25	210

Q_{uh} : 貫通孔部分の終局せん断耐力
 Q_{bu} : 無孔部分の終局曲げモーメントを
 スパンで除した値

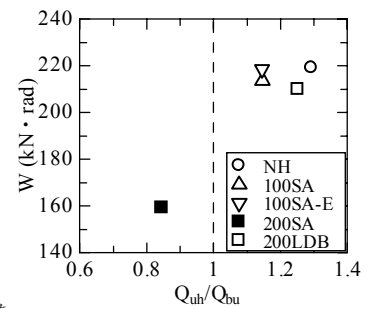


図13 Wと Q_{uh}/Q_{bu}

参考文献: 1)日本建築学会:鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説,2001年1月
 2)福知,神田他:スリーブ管補強を用いたSRC有孔梁の耐力に関する研究,日本建築学会構造系論文集,第479号,pp.101~108,1996年1月
 3)日本建築学会:鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説,2005年7月
 4)日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説,1999年11月
 5)福知,土井他:円形孔を有する梁の耐力と設計方法2.スリーブ管補強付の場合の耐力,日本建築学会論文集,第301号,pp.43~51,1981年3月

*1 岡部株式会社

*2 株式会社栗本鐵工所

Okabe Co.,Ltd.

Kurimoto,Ltd.