

鋼製リングにより補強された有孔梁の力学性状に関する研究
(その2 実大せん断曲げ実験)

正会員 ○平山貴章*1
同 村田 学*1
同 角屋治克*2

有孔梁 すみ肉溶接 実大せん断曲げ実験

1.はじめに

H形断面梁のウェブに設備配管用の貫通孔を設けた有孔梁が多く用いられている。設備配管が多数ある場合は貫通孔が連続したり、設備配管に勾配がある場合は貫通孔が偏心する。また、構造物が大きいと比較的梁せいが大きくなり、ウェブ幅厚比の大きい梁が多用される。

福知ら¹⁾の研究では、スリーブによる補強において偏心を有する有孔梁のせん断耐力は偏心を無視し、無偏心の場合と同様の扱いをすることができるとされている。偏心を有する有孔梁の曲げ耐力は無偏心の場合に比べ断面係数が減少するため偏心の影響を検証する必要がある。

本報ではせん断曲げ実験を行い、孔径比、連続孔、偏心孔及び幅厚比が補強された有孔梁の力学性能に与える影響を確認する。

2.実験計画

実験は片持ち梁形式とした試験体の梁頂部に水平荷重を作用させ、試験体にせん断力と曲げモーメントを作用させる。図1に実験概要を示す。

表1に試験体一覧を示し、図2に試験体の貫通孔部分詳細を示す。梁はウェブ幅厚比がFAランクのH-600×200×11×17(SN400B)とFBランクのH-600×200×9×16(SN400B)の2種類とし、梁のせん断スパン比は3とした。貫通孔径はφ300とφ100の2種類とした。貫通孔は図2に示す鋼製リング(SS400)の外周をすみ肉溶接によりウェブ片面に取り付けて補強した。偏心孔の試験体はウェブに曲げが作用するとき圧縮側となる方向と引張側となる方向それぞれの梁せい方向に偏心した貫

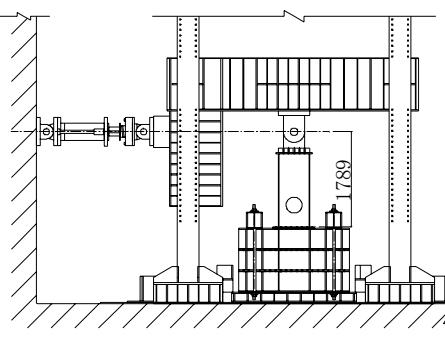


図1 実大せん断曲げ実験概要

表1 試験体一覧

No.	試験体名	梁母材 (D×B×tw×tf)	梁ウェブ 幅厚比	孔径 d (mm)	補強	偏心量 e (mm)	備考	
1	A-00	H-600×200×11×17(SN400B)	FA	300	-	-	無孔	
2	A-30N				無し	-	無補強	
3	A-30R(2H)				0	連続孔		
4	A-30R(+50)				+50(圧縮)	偏心孔		
5	A-30R(-50)				-50(引張)			
6	A-10R				0	-		
7	A-10R(+150)			+150(圧縮)	偏心孔			
8	A-10R(-150)			-150(引張)				
9	B-00			BH-600×200×9×16(SN400B)	FB	-	-	無孔
10	B-30R			-	-	300	有り	0

通孔を設けた。連続孔の中心間距離は孔径の1.5倍の値とした。比較のため、無孔の試験体2体と無補強有孔梁の試験体を1体計画し、試験体は計10体とした。

荷重はA-00とA-30Nの2体を正負漸増振幅繰返荷重とし、測定は荷重点の変位計により測定した。

表2に試験体に用いた鋼材の引張試験結果を示す。

3.実験結果

図3～5に各試験体の荷重変形関係を示し、表3に実験結果を示す。図3,4のA-00とA-30Nの荷重変形関係に示したグラフは正負漸増振幅繰返荷重実験の荷重変位関係から得られた骨格曲線とした。図3～5の縦軸は試験体に作用させた水平荷重Pを各試験体に応じた無孔梁の全塑性耐力bPpで除した値とし、横軸は梁頂部の水平変位をせん断スパンで除した部材角Rとした。ここでbPpは梁端部が式(1),(2)より求められる曲げモーメントとせん断力をうける無孔梁の全塑性モーメントに達するときの水平荷重である。表2のePy,ePp,Pmaxはそれぞれ実験結果から得られた降伏耐力、全塑性耐力、最大耐力であり、荷重変形関係において接線剛性が初期剛性の1/3となるときの水平荷重の値を降伏耐力ePyとし、1/6となるときの値を全塑性耐力ePpとした。

無孔の試験体A-00,B-00及びA10Rシリーズ3体は

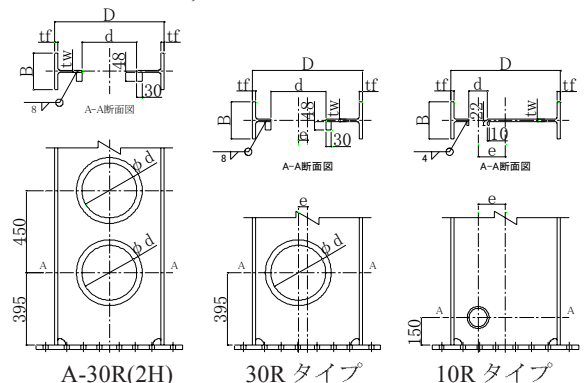


図2 試験体貫通孔部分詳細

表2 鋼材引張試験結果

鋼材	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	降伏比 (%)	使用部位	使用試験体
PL-17-1	281	423	26.0	66.5	梁フランジ	No.1,2
PL-11-1	321	433	24.3	74.2	梁ウェブ	
PL-17-2	291	448	29.9	65.0	梁フランジ	No.3,4,5
PL-11-2	341	466	27.9	73.1	梁ウェブ	
PL-17-3	302	447	29.7	67.6	梁フランジ	No.6,7,8
PL-11-3	354	467	27.5	75.8	梁ウェブ	
PL-16	268	411	31.4	65.1	梁フランジ	No.9,10
PL-9	281	435	29.5	64.5	梁ウェブ	
PL-50	227	408	37.0	55.5	リング	No.3,4,5,10
PL-22	271	418	33.0	65.0	リング	No.6,7,8

* 梁は全て SN400B, リングは全て SS400

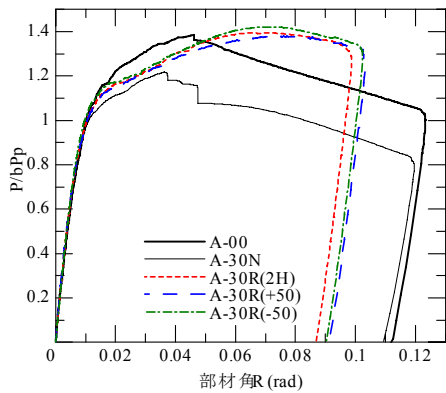


図3 A-30シリーズ荷重変形関係

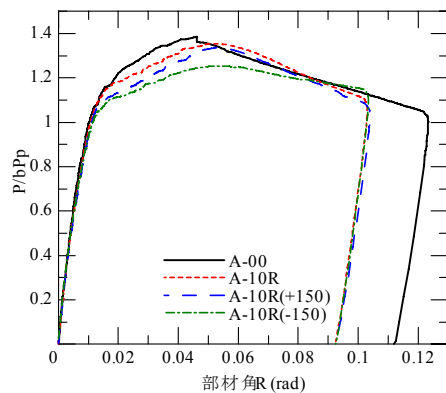


図5 A-10シリーズ荷重変形関係

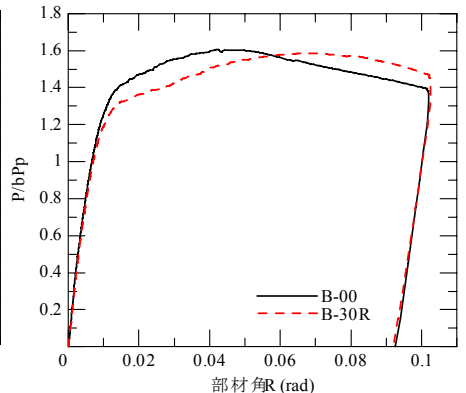


図6 Bシリーズ荷重変形関係

R=0.015rad 付近でウェブに局部座屈が生じ、その後 R=0.02rad 付近で圧縮側フランジに局部座屈が生じた。無補強有孔梁の試験体 A-30N は R=0.015rad 付近でウェブの貫通孔周りと圧縮側フランジに局部座屈が生じた。A-30R シリーズ及び B-30R は R=0.015rad 付近で圧縮側フランジに局部座屈が生じ、R=0.025rad 付近でリング周りのウェブに局部座屈が生じ、その後 R=0.035rad 付近でウェブの局部座屈に追従する形でリングに面外変形が生じた。全ての試験体が部材角の増加ともなう局部座屈の増大により耐力が低下した。

初期剛性は全ての試験体において同程度の値となっており、貫通孔を設けることによる影響や連続孔、偏心孔、幅厚比が貫通孔に与える影響は見られなかった。A-30N は無孔の試験体に比べ耐力が小さく早期に耐力が低下した。A-30R シリーズと B-30R は無孔の試験体に比べ ePy/bPp 及び ePp/bPp が小さくなっているが $Pmax/bPp$ はほぼ同等の値となった。A-10R シリーズは無孔の試験体に比べ ePy/bPp が同等の値となっているが ePp/bPp 及び $Pmax/bPp$ が若干小さい値となった。

無孔の試験体が R=0.045rad 付近で耐力低下を示したのに対し、A-30R シリーズと B-30R は R=0.07rad 付近で耐力低下を示し、A-10R シリーズは R=0.05rad 付近で耐力低下を示した。A-30R シリーズについて偏心孔と無偏心孔はほぼ同様の耐力を示したが、A-10R シリーズについては無偏心孔に比べ偏心孔の試験体は小さい耐力を示した。また、A-10R について圧縮側の偏心孔と引張側の偏心孔を比較すると引張側に偏心した方が小さい耐力を示した。A シリーズと B シリーズを比較すると荷重変形関係が同様の傾向を示

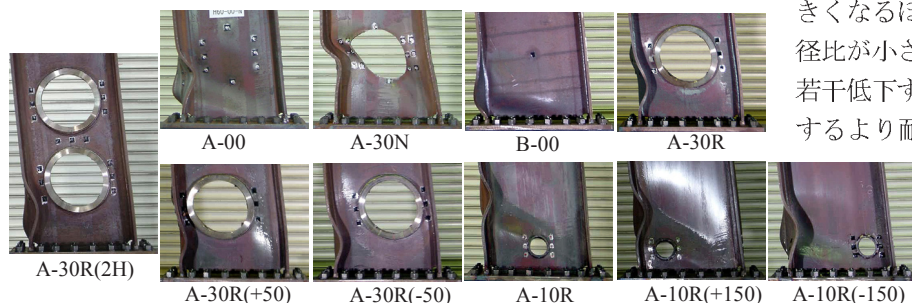


写真1 各試験体 終局状況

表3 実験結果一覧

No.	試験体名	eK (kN/mm)	ePy (kN)	ePp (kN)	Pmax (kN)	bPp (kN)	ePy bPp	ePp bPp	Pmax bPp
1	A-00	30.3	410	462	565	407	1.01	1.14	1.39
2	A-30N	30.0	392	415	495	407	0.96	1.02	1.22
3	A-30R(2H)	32.1	424	467	596	427	0.99	1.09	1.40
4	A-30R(+50)	32.9	423	464	589	427	0.99	1.09	1.38
5	A-30R(-50)	32.2	425	462	606	427	0.99	1.08	1.42
6	A-10R	29.9	460	493	601	444	1.04	1.11	1.35
7	A-10R(+150)	29.1	457	477	593	444	1.03	1.08	1.34
8	A-10R(-150)	30.3	443	464	557	444	1.00	1.04	1.25
9	B-00	32.2	408	448	523	326	1.25	1.38	1.61
10	B-30R	30.2	381	424	517	326	1.17	1.30	1.59

eK:初期剛性, ePy:降伏耐力実験値, ePp:全塑性耐力実験値, ePmax:最大耐力実験値

$$M = M_p - M_{pw} \cdot \frac{bPp}{Qy} \dots (1), M = bPp \cdot L \dots (2)$$

M: 梁端部に作用するモーメント, M_p : 無孔梁の全塑性モーメント

M_{pw} : 無孔梁のウェブ部分の全塑性モーメント

bPp : 試験体に作用する荷重, Qy : 無孔梁の降伏せん断耐力, L: せん断スパン

しており、ウェブ幅厚比の影響は見られなかった。

写真1に各試験体の終局状況の写真を示す。無孔の試験体は圧縮側フランジとウェブに局部座屈が発生している。A-30Nはウェブの局部座屈が著しく大きいため貫通孔が円形の形状を保持できていない。A-30Rシリーズ及びB-30Rは圧縮側フランジとリングの下側のウェブに局部座屈が発生している。A-10Rシリーズはリングの上側のウェブに局部座屈が発生している。

4. まとめ

今回の実験結果から以下の知見が得られた。

無孔の試験体に比べ本工法を用いた有孔の試験体は最大耐力時の部材角が大きくなる。有孔の試験体は孔径比が大きくなるほど最大耐力時の部材角が大きくなる。孔径比が小さい場合、貫通孔が偏心すると曲げ耐力が若干低下する。引張側に偏心した方が圧縮側に偏心するより耐力が若干低下する。

参考文献 1)土井, 福知:円形孔を有する梁の耐力と設計法 3.実用的耐力算定式の提案, 日本建築学会論文報告集, 第357号, 昭和60年11月, pp.44-51

*1 岡部(株)

*2 岡部(株) 博士(工学)

Okabe Co.,Ltd.

Okabe Co.,Ltd. Dr.Eng