

接着剤を用いたH形鋼梁の有孔部補強

H形鋼梁 有孔梁 接着剤  
補強 局部座屈 単調載荷

正会員 ○中川 憧吾\* 同 井戸田秀樹\*\*  
同 花井 勉\*\*\* 同 小林 博一\*\*\*\*  
紺野 誠\*\*\*\*\*

1. 序

鉄骨構造では高力ボルト接合と溶接接合が一般的な接合方法として用いられる。高力ボルト接合は品質管理が容易な反面、鋼材量の増加、摩擦面の処理の管理、接合形状の制約などの欠点がある。また溶接接合には入熱による母材靱性の低下、溶接技能者による品質のばらつきなどの課題がある。

本研究はこうした在来の接合方法の課題を大きく改善する方法として、接着剤による鋼材の接合の可能性について検討する。接着接合には施工の容易さ、応力分散、意匠性の向上など様々な利点がある。そこで接着剤の利点を有効に活用した工法を検討するため、梁ウェブに設ける貫通孔の補強を対象として実験的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体、補強プレート

試験体パラメーター一覧を表1に示す。試験体はH-400×200×8×13とした。鋼材はSS400を使用し、貫通孔は梁せい中心に孔径240mmとした。また載荷による局部座屈を抑制するため載荷点にスチフナーを設けた。試験体は貫通孔なし(H40)、貫通孔あり補強なし(H40D24)、貫通孔あり溶接補強(H40D24WS)、接着剤による補強(H40D24AS1、H40D24AS2)の2体、計5体とする。

図1に試験体と変位計位置、図2にa-a'断面図、図3に補強プレートを示す。補強プレートは厚さ12mmとし、補強後のウェブ断面積が貫通孔のない梁と同等以上になるように設計した。接着接合する場合は接着層が均一になるように四隅に厚さ0.3mmのスペーサーを配置し、溶接接合の場合はプレート周りを全周隅肉溶接とし、脚長を6mmとした。

2.2 接着剤概要

表2に接着面積と接着剤のせん断力耐力を示す。接着剤は2液混合アクリル系の接着剤(強度型接着剤Y612B、靱性型接着剤TGA)を使用した。アクリル系接着剤は金属とCFPRのような異種材料の接合、鋼製オフィス家具の組立て接着や金属板金接着のような衝撃強度や高いトルク強度が必要な箇所に使用され、高靱性、高耐熱性、常温速硬化、低臭気などの特徴がある。

図4、図5に試験体研磨の様子と接着剤塗布の様子を示す。接着方法は図に示すように接着面を研磨し、黒皮を完全に除去した上で全面に接着剤が行き渡るように接着した。接着は適湿温度を確認した上で載荷の18時間以上前とし、十分接着剤が硬化した状態で載荷した。

2.3 実験装置及び載荷装置

実験装置<sup>1)</sup>を図4に示す。載荷梁を用いてオイルジャッキによって試験体に荷重する。ウェブのせん断力を対象

表1 試験体パラメーター一覧

試験体名	H(mm)	B(mm)	tf(mm)	tw(mm)	D(mm)	補強	数量
H40	400	200	8	13	0	なし	1
H40D24					なし	1	
H40D24WS					溶接	1	
H40D24AS1					接着	1	
H40D24AS2					接着	1	

表注釈 H: 梁せい B: 幅 tf: フランジ tw: ウェブ厚  
D: 孔径 WS: 溶接補強 AS: 接着補強  
H40-D24-AS1: 梁せい400mm-孔径240mm-接着補強1

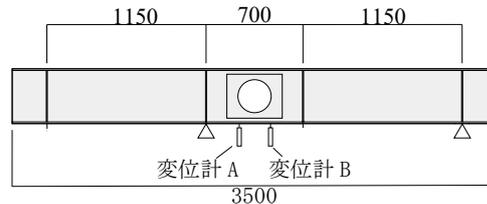


図1 試験体

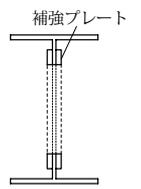


図2 a-a' 断面図

表2 接着剤概要

試験体名	接着剤名	接着面積 (mm <sup>2</sup> )	接着剤のせん断力耐力 (N/mm <sup>2</sup> )
H40D24AS1	Y612B	81161	25.02
H40D24AS2	TGA	81161	20.4

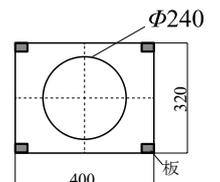


図3 補強プレート

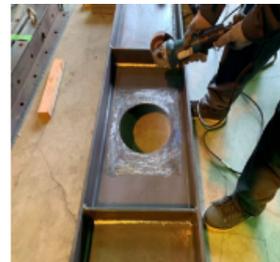


図4 試験体研磨の様子



図5 接着剤塗布の様子

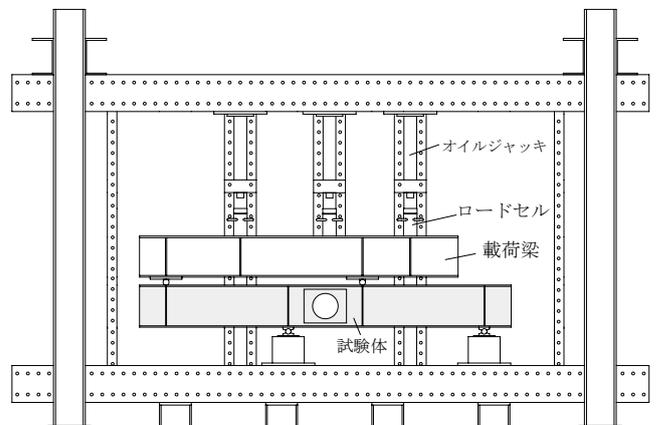


図6 実験装置

Adhesive Reinforcement of H-Shaped Steel Beams with Web opening

NAKAGAWA Shogo, IDOTA Hideki, HANAI Tutomu  
KOBAYASHI Hirokazu, KONNO Makoto

とするため、貫通孔周りが純せん断となるように4点曲げ<sup>2)</sup>の载荷方法とした。载荷は単調载荷とし、ロードセルにより計測した。試験体に作用するせん断力を図7に示す。

### 3. 荷重変形関係

実験結果の荷重変形関係グラフを図8に示す。図8は開口直下の変位計A及びBによる測定差を $\delta$ とし、荷重より換算したせん断力 $Q$ に対してプロットした $Q$ - $\delta$ 曲線である。有孔無補強のH40D24は352kNで最大耐力に達し、その後緩やかに低下した。補強プレートを溶接したH40D24WSはH40D24の最大耐力の二倍を超える736kNで载荷能力の限界に達した。H40も同様に736kNで载荷能力の限界に達した。強度型接着剤Y612Bを用いて補強プレートを接着したH40D24AS1は降伏耐力程度までは溶接補強とほぼ同等の荷重変形関係を示したが、塑性化が進むにつれてやや剛性が低下し変位が9mmを超えたあたりで両面の補強プレートが突然はがれ、急激に耐力が低下した。一方、高靱性型の接着剤を用いたH40D24AS2は塑性化後も歪硬化による耐力上昇を示し、せん断変形が20mm付近になったところで徐々に接着剤の剥離が始まりその後、耐力が低下した。

### 4. ウェブ面積比と耐力比の比較

図8から降伏耐力 $Q_y$ と最大耐力 $Q_{max}$ を読み取り、それぞれの変位 $\delta_y$ 、 $\delta_{max}$ を表3に示した。降伏耐力はグラフの傾きが初期剛性の傾きの1/3になった点とする。溶接を用いた試験体H40D24WSの降伏荷重は接着接合の試験体と比べて30~50kNほど高い。断面積が隅肉溶接分増えていることを考慮にいと、断面積の増加により、降伏荷重が接着接合の試験体より大きくなったと考えられる。また図8に示したように接着接合は溶接接合の試験体と比べて塑性化後の剛性低下が顕著であった。これは接着接合では補強プレートの四隅に接着剤の均等な厚みを確保するための板を配置したことで接着面積が減ったことや、必ずしも接着面全体に接着剤が行き渡っていなかったためと考えられる。

### 5. 最大耐力の比較

図9に試験体H40D24AS1とH40D24AS2の実験終了後の貫通孔周りの変形を示す。表3に示すように接着剤を用いた試験体H40D24AS1、H40D24AS2は無補強の試験体H40D24の最大耐力と比べて1.77、1.92倍の最大耐力が得られた。H40D24AS1は最大耐力に達したとき、薄層凝集破壊によりプレートが外れた。これは貫通孔周りからウェブ局部座屈が生じ、ウェブが面外方向に変形したためと思われる。耐力がH40D24より向上したのは応力が大きく作用する部分から接着剤の破壊が生じてもまた別の健全な部分が応力を負担したと考えられ、これは面接合の利点と言える。またH40D24AS2は耐力が低下した後も補強プレートが貫通孔に接合された状態を保った。このことから高靱性型の接着剤TGAはY612Bよりも局部屈のような板要素の面外変形を伴う働きに対して有効な接着剤と言える。

\* 名古屋工業大学大学院工学専攻 博士前期過程  
 \*\* 名古屋工業大学大学院工学専攻 教授・工博  
 \*\*\* (株)えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)  
 \*\*\*\* (株)えびす建築研究所  
 \*\*\*\*\* セメダイン株式会社

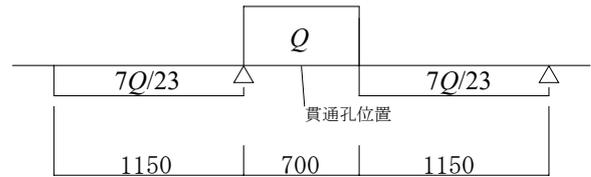


図7 せん断力図

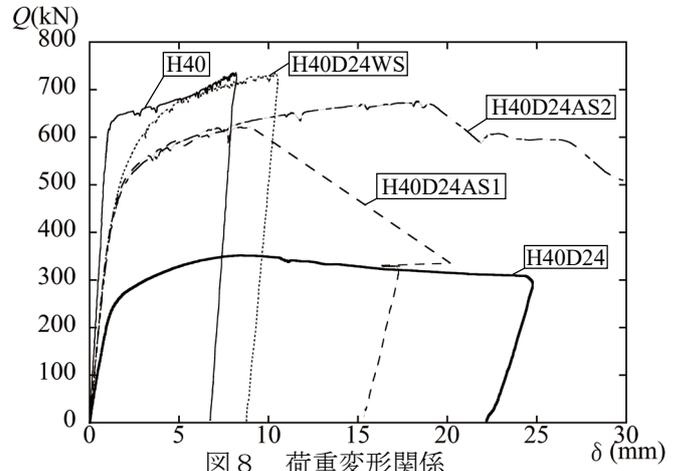


図8 荷重変形関係

表3 降伏耐力と最大耐力と断面積の比率

試験体名	ウェブ面積(mm <sup>2</sup> )	$Q_y$ (kN)	$\delta_y$ (mm)	$Q_{max}$ (kN)	$\delta_{max}$ (mm)
孔なし(H40)	2990(2.79)	529(2.22)	0.84	736(2.09)	[8.18]
無補強H40D24	1070(1.00)	238(1.00)	1.26	352(1.00)	8.56
溶接(H40D24WS)	3060(2.86)	473(1.99)	1.50	736(2.09)	[10.38]
接着剤(H40D24AS1)	2990(2.79)	422(1.77)	1.22	621(1.77)	9.00
接着剤(H40D24AS2)	2990(2.79)	442(1.86)	1.42	676(1.92)	18.28

※ () はH40D24を基準にしたそれぞれの比率  
 ※ [] は载荷能力の限界に達した荷重



図9 载荷後の試験体H40D24AS1, H40D24AS2

### 6. 結論

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- 1) 接着剤による補強は耐力的には全面隅肉溶接による補強の80%程度の補強性能を有する。
- 2) 接着剤には強度型と靱性型があり、耐力でも変形性能でも靱性型の方が高い性能を示す。
- 3) 接着剤を用いた接合でも十分な補強効果が確認でき、接合材の特性を吟味することで鉄骨構造における接着接合も十分な可能性を有すると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 井戸田秀樹、山岸賢多：有孔集成材の曲げおよびせん断実験 日本建築学会東海支部研究報告書、第49号 2011年2月
- 2) 福知保長、土井康生、細川裕司：円形孔を有するはりの耐力と設計法(1. 無補強の場合) 日本建築学会論文報告集、第296号・昭和55年10月

\* Graduate Student, Nagoya Institute of Technology  
 \*\* Prof. Nagoya Institute of Technology, Dr.Eng.  
 \*\*\* Ebisu Building Laboratory, Co., Dr.Eng  
 \*\*\*\* Ebisu Building Laboratory, Co.  
 \*\*\*\*\* CEMEDINE Co., Ltd.