

鋼部材接着接合部のせん断性状

宇都宮大学 学生員 齋藤誠，正会員 中島章典，鈴木康夫，学生員 西健治，小高暁，日野秀幸
トピー工業 正会員 小野昌二

1. はじめに

接着接合における引張せん断強さに関しては JIS K 6850 に規定されている接着試験方法による破壊強度で判断しているが、その接着面は建設の分野から見ると微小な面積である。また、接着接合部での破壊様式は様々で一般に複雑な応力状態となっているため、接着設計において接着部の破壊に対する考え方を、一般の材料の破壊に比べてより難しいものにしていく。既往の研究^{1),2)}では、鋼部材接着接合部の強度に及ぼす諸因子を実験により確認している。

本研究では、鋼構造物における鋼部材接着接合の適用のために、被着材は鋼部材同士とし、JIS の規定よりも大きな接着面積を有する試験体を作成し、引張せん断試験を行った。また、接着層内のせん断応力分布に着目して、接着層内せん断応力分布理論式³⁾と本研究から得られた試験結果から、接着剤のせん断弾性係数を推定し、引張せん断試験をシミュレーションするための数値解析プログラムを用いて解析を行い、その解析結果と試験結果を比較することで、接着接合部のせん断性状について詳細に検討することを目的とする。

2. 引張せん断試験概要

本研究では、シングルラップシアー試験体及びダブルラップシアー試験体を用いて、引張荷重による1面せん断試験及び2面せん断試験を行った。

母材、添接材に使用した鋼材は共に SS400 であり、鋼材厚はそれぞれ 12mm, 6mm である。接着面の表面処理は、ワイヤブラシを取り付けたディスクグラインダで鋼材表面の塗膜等を除去した後、研磨布(粒度 40)を用いて長軸直角方向に軽く粗面化し、アセトンで脱脂した。使用した接着剤は、2液性構造用接着剤であるエポキシ系接着剤及びアクリル系接着剤の2種類とした。エポキシ系接着剤は、主剤と硬化剤を重量比 100:80 で混合し、アクリル系接着剤は接着剤専用のアプリケーションを用いて混合し、両接着剤とも被着材の両面に塗布し、接着後に万力を用いて接着面が動かない程度に固定した。接着後の試験体は、20℃ 恒温の室内で養生した。

本試験におけるパラメータは接着面が1面あるいは2面であるシングルラップ・ダブルラップ、接着剤(エポキシ系接着剤・アクリル系接着剤)、ラップ長(50mm, 75mm, 100mm)、ラップ幅(50mm, 100mm)である。試験体数は同一パラメータに対してそれぞれ3体とした。

載荷方法は、アムスラー型万能試験機(能力 2MN)を用いて、荷重レンジは試験体に合わせて 200kN, 400kN とし、載荷速度は約 1mm/min、室温下で載荷した。

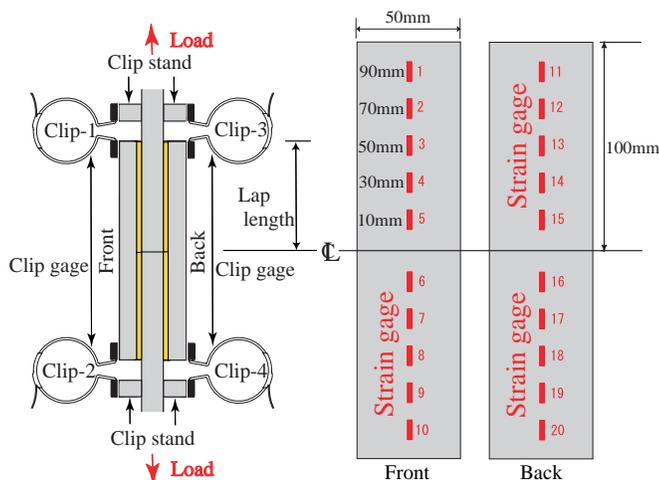


図-1 クリップ型変位計設置箇所

計測項目は、母材・添接材間の軸方向相対ずれ変位と添接材表面のひずみである。また、試験前にマイクロメーターを用いて接着層の厚さを計測した。

ここでは、ダブルラップシアー試験体の概要図及び計測器具の設置状況を図-1に示す。なお、図中の距離はラップ長中央からの距離を示す。

試験体名称については、シングルラップシアー試験体(S)、ダブルラップシアー試験体(D)、エポキシ系接着剤(E)、アクリル系接着剤(A)とし、ラップ長を数字で表記する。例えば、エポキシ系接着剤を用いて接着接合したラップ長 100mm のダブルラップシアー試験体の名称を DE100 と表記する。

3. 試験結果及び解析結果

ここでは DE100, DA100 の各 3 体中 1 体の試験結果の一部を示す。破壊荷重 P は DE100 が 92.5kN, DA100 が 156.9kN であった。図-2, 図-3 に荷重-ひずみ関係を示す。なお、対称性が認められたため図-1に示すゲージ 1 から 5 のひずみのみを示す。図-4, 図-5 に各試験体の各荷重段階(破壊荷重 P の 4 分割程度及び $3/4P$ と P の間)におけるせん断応力分布を示す。ここで接着層内のせん断応力は、鋼材表面において測定したひずみの値を用いて、隣り合うひずみゲージの区間で $\tau = EA|s_1 - s_2|/a$ として算出した。ここで、 τ はせん断応力、 E は鋼材の弾性係数、 A は鋼材の断面積、 s_1, s_2 はひずみ、 a は鋼材幅にひずみゲージ間距離をかけた面積である。なお、図中の点線は、接着剤メーカーが提示するせん断強度であり、エポキシ系接着剤が養生温度 20℃ の下で 14.0 ~ 17.0N/mm²、アクリル系接着剤が室温養生の下で 16.2N/mm² である。

DE100 は、接着層全域がメーカー提示のせん断強度

Key Words: 鋼部材, 接着剤, 接合, 引張せん断試験, せん断応力

〒 321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科 TEL/FAX 028-689-6210

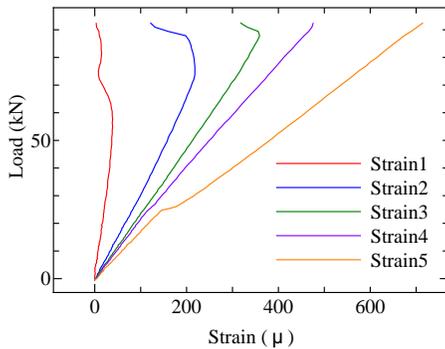


図-2 DE100 荷重 - ひずみ関係

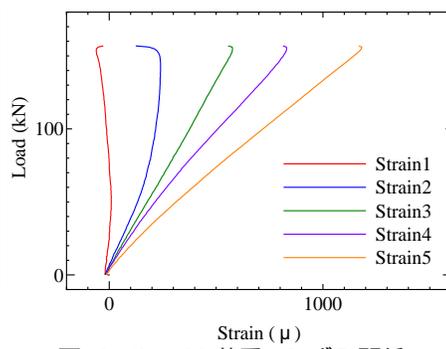


図-3 DA100 荷重 - ひずみ関係

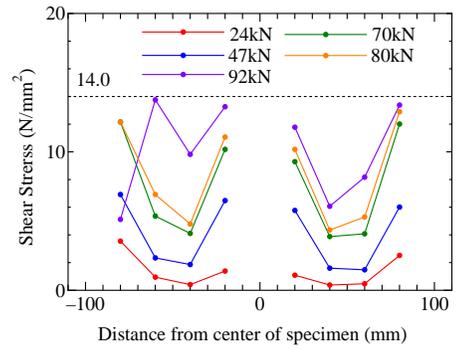


図-4 DE100 応力分布

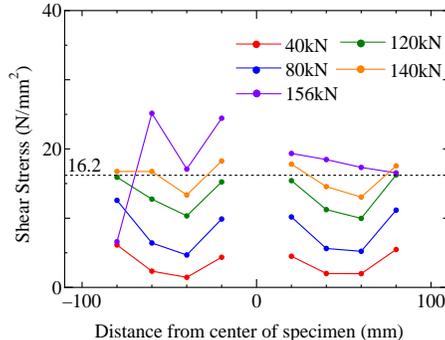


図-5 DA100 応力分布

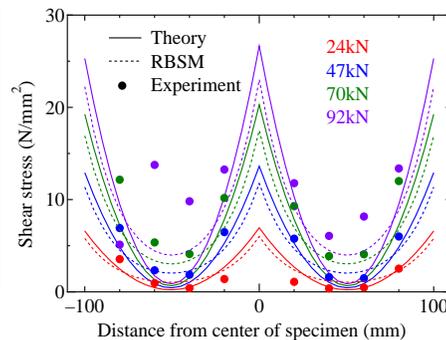


図-6 DE100 応力分布の比較

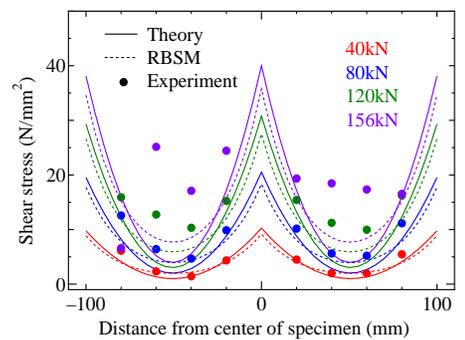


図-7 DA100 応力分布の比較

に達することなく、破壊に至ったことがわかる。しかし、接着層の端部付近(±100mm)においてはせん断応力がメーカー提示のせん断強度に達していたことは考えられる。一方DA100は、ほぼ接着層の全域がメーカー提示のせん断強度に達した後破壊したことがわかる。

いずれの試験体も接着層端部のせん断応力が接着層中央部のせん断応力よりも大きいことが確認できる。さらに、破壊前の荷重段階においては、接着層端部付近(-80mm)でせん断力を受け持たずにせん断応力が減少し、中央部寄りの近傍の範囲(-60mm)でせん断応力が急激に増加していることが確認できる。これは、接着層端部から破壊が生じ、接着層中央部のせん断力の負担が増大したためと考えられる。

次に本研究の試験では、接着剤のせん断弾性係数が未知数であるため、理論式³⁾に様々なせん断弾性係数を用いて、本研究で行ったダブルラップシアー試験体における応力分布の試験結果と、理論式による応力分布が定性的に一致するせん断弾性係数を推定した。その結果、本研究で使用した接着剤のせん断弾性係数は、エポキシ系接着剤が300N/mm²、アクリル系接着剤が200N/mm²程度であると推定した。理論式と試験により得られたせん断応力分布を図-6、図-7に示す。図より、実験値と理論値を比較すると、荷重の小さな段階では定性的に実験値を表現しているが、荷重の増大と共に差異が増大している。これは上述の理論式が線形範囲にのみ適用できるためである。したがって、接着層の応力分布の評価については非線形領域を考慮する必要がある。

そこで本研究では、非線形解析が可能である剛体ばねモデル(RBSM)を用いて線形範囲における解析を行った。接着剤のせん断弾性係数は先に求めた値を用いて、接着層のばね定数を換算し解析に用いた。RBSMによ

る結果を図-6、図-7に追記する。この結果を見ると、理論値と比較してRBSMが端部において小さく、中央部において大きいという違いが見られた。しかし、小さな荷重段階においては、定性的に理論式及び実験結果を評価していると言える。理論値とRBSMの結果に差異が生じている理由は、接着層内せん断応力理論式の導入の際、鋼材の軸力を線形関数で直線的に仮定しているためである。実際には、接着層のせん断応力が均一ではないことから、鋼材の軸力は線形関数では表現できない。一方RBSMでは鋼材の軸力は接着層のせん断応力分布に対応した鋼材の軸力を表現している。以上の点から両者に差異が生じた。本研究におけるRBSMを用いた線形解析では、荷重の小さな段階では実験を定性的に評価できた。今後、接着層のばね定数に着目して非線形領域を考慮できること、曲げなどの影響を考慮できることから、この解析手法は有効であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、シングルラップシアー試験体及びダブルラップシアー試験体を用いた引張せん断試験を行うことでデータを得た。また、接着層のせん断応力に着目して、ダブルラップシアー試験体における理論式により本研究で用いた接着剤のせん断弾性係数を推定した。そしてそのせん断弾性係数を用いて剛体ばねモデルによる線形解析を行い、接着層のせん断応力分布を定性的に評価した。

参考文献

- 1) 有原隆雄, 田中一實: 接着剤の鋼構造物への適用に関する実験的研究, 横河橋梁技法, No.10, 1980.11.
- 2) 射越潤一, 浅岡敏明, 寺尾圭史: 接着接合の鋼構造物への適用, 横河ブリッジ技法, No.22, 1993.1.
- 3) 社団法人 日本鋼構造協会: 鋼構造物への接着接合の適用, JSSCテクニカルレポート, No.26, pp.8-14, 1993.