

曲げとせん断を受ける鋼部材接着接合部の力学的挙動について

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

1. はじめに

接着接合は，部材を大きく傷つけることなく接合できる，異種材料の接着が可能である等の利点を持ち，接着剤の高強度化に伴ってその適用範囲は拡大してきている．しかし，接着強度にばらつきがある，接着強度が被着材の表面状態に依存する等の欠点があるため，鋼構造物の接合にはボルト接合や溶接が用いられるのが一般的であり，接着接合の適用例は少ない．また，鋼部材への接着接合の適用を考えた場合，引張力，せん断力の他にも，初期不整や被着材自体の変形による二次的な曲げが作用することが考えられ，曲げによる応力の集中は接着強度の低下を招くため，曲げは接着接合にとって無視することの出来ない因子の1つである．これらを踏まえ本研究では，接着接合部に曲げとせん断が作用する試験を実用に近い形で行い，その挙動について調べた．ここでは，橋梁モニタリング用の計測器具等を置くための仮設台を接着接合することを想定し，山形鋼と平鋼を接着接合した試験体を用いた．また，曲げにより接着面に働く引張応力を考慮するため，鋼材同士を突き合わせ接着した試験体を用いて引張試験も行った．

2. 実験概要

(1) 引張試験

本研究では，鋼材同士を突き合わせ接着接合した試験体を用いて引張試験を行った．試験体一覧を表-1にまとめる．

本実験に用いた鋼材はSS400で表-1に示す断面寸法，長さ700mmのものを突き合わせた．接着面はフライス盤を用いて直角を確保した後，粒度40の研磨布で粗面化しアセトンで脱脂した．接着剤はエポキシ系接着剤(E)，アクリル系接着剤(A)の2種類を用いて，両面に接着剤を塗布した．接着作業及び養生は気温20℃の恒温室で行った．载荷には，アムスラー型万能試験機を用いて，室温下で载荷した．計測項目は，荷重，鋼材のひずみ，接着接合部の伸びであり，それぞれひずみゲージ及びクリップ型変位計で測定した．ひずみゲージ及びクリップ型変位計は試験体の4面に取り付け，その名称はアムスラー試験機に向かって正面，裏，右，左の順に1，2，3，4と表記することとする．ひずみゲージは接着接合部から10mmの位置に貼り付けた．

(2) 曲げ・せん断試験

図-1に示すように，山形鋼と平鋼を接着接合した試験体を用いて，曲げ・せん断試験を行った．試験体一覧を表-2にまとめる．山形鋼に鉛直方向の荷重を与えることで，接着接合部に曲げとせん断力を作用させる．

本実験で用いた鋼材は平鋼及び山形鋼ともに材質をSS400とした．用いた平鋼の寸法は300×125×

表-1 引張試験体形状 (mm)

使用接着剤	試験体名	試験体厚さ	試験体幅	試験体数
エポキシ	TE16-32	16	32	3
	TE19-38	19	38	3
	TE25-50	25	50	3
	TE16-50	16	50	3
アクリル	TA16-32	16	32	3
	TA19-38	19	38	3
	TA25-50	25	50	3
	TA16-50	16	50	3

表-2 曲げ・せん断試験体寸法 (mm)

使用接着剤	試験体名	h	b	x	y_1	y_2	y_3	試験体数
エポキシ	AE80-100-50	80	100	50	25	49.5	77	3
	AE60-100-50	60	100	50	25	40	57	3
	AE40-100-50	40	100	50	25	37	37	3
	AE60-100-75	60	100	75	25	40	57	3
	AE60-100-100	60	100	100	25	40	57	3
	AE60-150-50	60	150	50	25	40	57	3
アクリル	AA80-100-50	80	100	50	25	49.5	77	3
	AA60-100-50	60	100	50	25	40	57	3
	AA40-100-50	40	100	50	25	37	37	3
	AA60-100-75	60	100	75	25	40	57	3
	AA60-100-100	60	100	100	25	40	57	3
	AA60-150-50	60	150	50	25	40	57	3

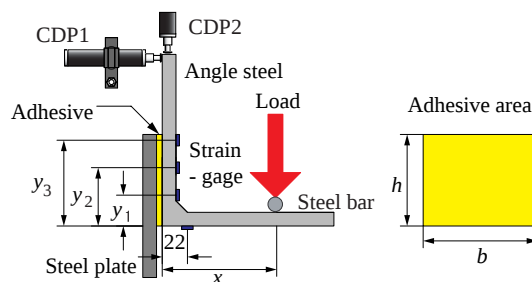


図-1 曲げ・せん断試験体図

12mm山形鋼は脚長150mm，板厚12mmとし，接着高さ(h)，幅(b)，及び载荷点までの距離(x)をパラメータとして設定した．接着面はワイヤブラシにより鋼材表面の黒皮，さび等を除去した後，粒度40の研磨布で粗面化し，アセトンで脱脂した．接着剤は両面に塗布し，接着作業及び養生は気温20℃の恒温室で行った．フレーム式载荷試験機に容量200kNの油圧ジャッキと容量50kNのロードセルを取り付け载荷を行った．その際，载荷点に丸鋼を載せ，線荷重を载荷した．計測項目は，図-1に示すように山形鋼接着部における鉛直方向のひずみと山形鋼上端における水平方向及び鉛直方向の変位とし，それぞれひずみゲージ及び高感度変位計(以下CDDPと略記)で測定した．

3. 実験結果および考察

(1) 引張試験

a) 引張強度

図-2に引張試験体の引張強度と接着面積の関係を示す．ここで引張試験の最大荷重を接着面積で除したものを引張強度とした．引張強度と接着面積に明確な関係性

Key Words: 接着剤 鋼部材 せん断力 曲げモーメント

〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

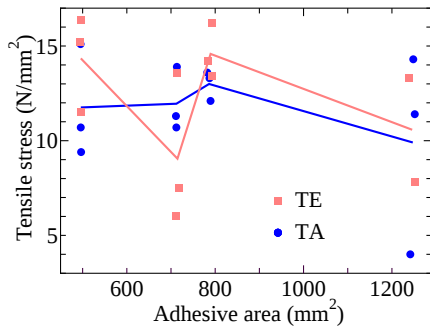


図-2 引張強度 - 接着面積関係

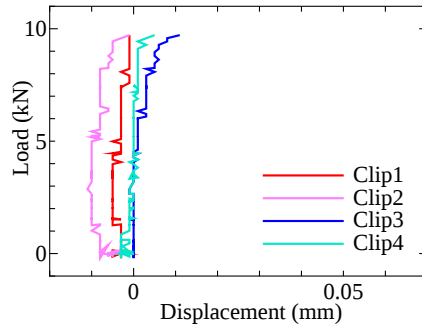


図-3 荷重 - 伸び関係 (TE シリーズ)

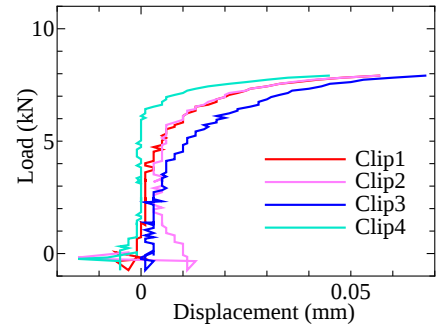


図-4 TA 荷重 - 伸び関係 (TA シリーズ)

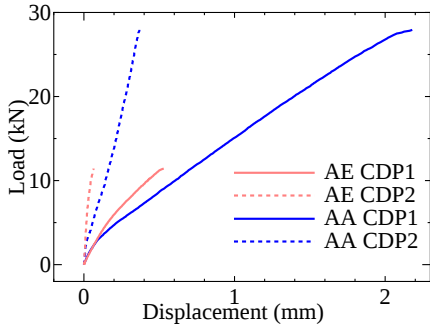


図-5 荷重 - 変位関係

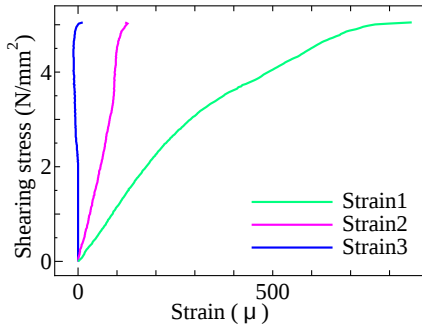
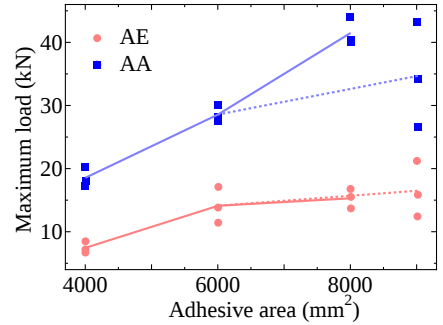


図-6 せん断応力 - ひずみ関係

図-7 破壊荷重 - 接着面積関係 ($x=50$)

は見られなかった。引張応力が接着面に均一に作用した場合、引張強度は接着面積の変化によらず一定と考えられるが、接着面積が大きくなるほど接着性状のばらつきが大きくなり引張強度に影響した結果と考えられる。なお平均引張強度はエポキシ系接着剤 (TE シリーズ) で 12.1N/mm^2 、アクリル系接着剤 (TA シリーズ) で 11.7N/mm^2 であり、両接着剤は同程度の引張強度であった。

b) 接着部の伸び

図-3、図-4にそれぞれTEシリーズ、TAシリーズの荷重 - 伸び関係の例を示す。ここで、データの階段状な変化は本研究で使用したクリップ型変位計の感度が 0.0017mm であることによる。破壊に至るまでの伸びがTEシリーズに比べTAシリーズが大きく、TEシリーズの方がより脆性的な破壊であることがわかる。

(2) 曲げ・せん断試験

a) 荷重 - 変位関係

図-5にAE、AAシリーズの荷重 - 変位関係の例を示す。鉛直、水平方向ともにアクリル系接着剤を用いたAAシリーズの変位がエポキシ系を用いたAEシリーズに比べ大きいものとなっている。引張試験同様、エポキシ系接着剤を用いた場合の方がより脆性的な破壊となることがわかる。

b) せん断応力 - ひずみ関係

図-6にせん断応力とひずみの関係の例を示す。ここでせん断応力は載荷荷重を接着面積で除したものとした。図中のひずみ番号1, 2, 3はそれぞれ図-1, 表-2に示した y_1 , y_2 , y_3 に対応するものである。接着接合部上端位置のひずみ3は0に近い値をとり、ひずみ1では他と比べ大きな値となった。この傾向はAE、AAシリーズともに同様であった。また、破壊時に作用したせん断応力は、AEシリーズで 2.9N/mm^2 以下、AAシリーズで 5.6N/mm^2 以下であり、いずれもメーカー

提示のせん断許容応力の半分以下の値であった。これは、破壊には曲げに伴う引張応力が大きく影響した結果といえる。

c) 最大荷重 - 接着面積関係

図-7に最大荷重と接着面積の関係を示す。実線は接着面積を図-1における高さ h 方向に変化させた場合、破線は幅 b 方向に変化させた場合を示す。アクリル系接着剤の場合、幅方向に比べ、高さ方向の接着面積の増加が最大荷重の増加に影響を与えた。エポキシ系の場合、最大荷重の増加はアクリル系に比べて緩やかであり、幅方向、高さ方向の変化による最大荷重の増加傾向は同程度であった。また最大荷重の平均値を見るとAAシリーズがAEシリーズの2倍程度の値を示す。これは、AAシリーズの方が延性的な破壊を示すことから、せん断応力、曲げに伴う引張応力がAEシリーズに比べ分散されることによる結果と考えられる。

4. まとめ

本研究では、鋼部材同士を接着接合し、引張試験、曲げ・せん断試験により接着接合部の挙動を調べた。

その結果、エポキシ系、アクリル系接着剤ともに引張強度は同程度であるが、曲げとせん断が作用する場合はアクリル系の方が2倍程度強いことが言える。アクリル系接着剤の場合、エポキシ系接着剤の場合に比べ伸び変形量が多い傾向が見られた。また曲げ・せん断試験ではアクリル系接着剤を用いた場合、幅方向に比べ、高さ方向の接着面積の増加が最大荷重の増加に影響を与えた。エポキシ系を用いた場合、接着面積の変化による最大荷重の増加はアクリル系に比べて緩やかであり、幅方向、高さ方向の変化による最大荷重の増加傾向は同程度であった。

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, 横河橋梁技報, No.10, 1980.11.