

荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の静的強度

(一社)日本橋梁建設協会 正会員 ○田村 修一 法政大学 フェロー 森 猛
 (一社)日本橋梁建設協会 正会員 村上 貴紀 小谷 祐樹 高橋 正和 余吾 聖

1. はじめに

鋼橋などの溶接構造物には、十字溶接継手が用いられることも少なくない。この継手は、溶接部が荷重を伝達する機能を有するか否かで荷重伝達型継手と荷重非伝達型継手に分けられる。荷重伝達型十字のすみ肉溶接継手や部分溶込み開先溶接継手が引張力を受ける場合には、母板だけではなく、溶接部の破断に対する安全性の照査が行われる。我が国の鋼橋の設計基準である「道路橋示方書、鋼橋編」では、溶接部に主として作用する応力はせん断応力とされ、許容せん断応力と比較することにより安全性の照査が行われている。しかし、既往の研究では溶接断面を対象とした強度評価は、引張強度を基準とした方が合理的としたものもある。

本研究では、鋼材、溶接脚長と溶接の溶込み深さを変えた十字継手を作成し、それらの引張試験を行うとともに、照査に使用する応力をせん断応力とするか直応力とするか、またその際の溶接部断面積をどのように定義するのがよいかについて検討する。

2. 試験体

試験体は、材質 SM490YB、板厚 22mm の鋼材 A (降伏応力 440 N/mm², 引張強度 555N/mm²) と鋼材 B (降伏応力 447 N/mm², 引張強度 520N/mm²) の 2 種類の材料を用いた。これらの鋼板から長さ 220mm, 板幅 100mm の母板 2 枚と、長さ 100mm, 板幅 100mm の中板を切り出し、図 1 示すような試験体を作成した。十字継手の接合は、すべての試験体で炭酸ガスアーク溶接を用い、溶接材料にはフラックスコードワイヤ MX-Z200 を用いている。ここでは、鋼材、溶接サイズと溶込み深さを変えた 9 種類の十字継手試験体の引張試験を実施した。試験体の一覧を表 1 に示す。

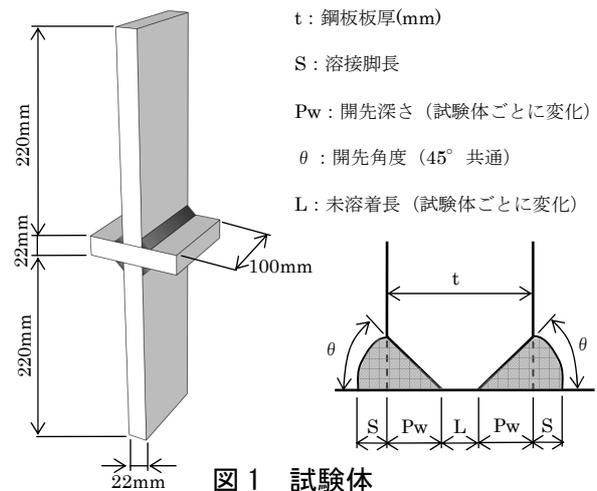


図 1 試験体

3. 応力解析

汎用解析プログラム CAE M を用いて 2 次元弾性有限要素応力解析を行った。板厚は 22mm, 脚長を 10, 15mm, 溶込みを 0, 2, 4, 8mm とした 8 つのモデルを作成した。このモデルの端部に 1N/mm² の圧力を作用させ、各溶接部断面の

表 1 試験体の種類

	溶接継手の種類	脚長 (mm)	開先形状			最大荷重 (kN)	破断箇所
			開先角度 θ (°)	開先深さ Pw(mm)	目標未溶着量 L(mm)		
AF7試験体	すみ肉溶接継手	7	-	-	22	757	溶接部
BF7試験体	すみ肉溶接継手	7	-	-	22	710	溶接部
AF10試験体	すみ肉溶接継手	10	-	-	22	1018	溶接部
AF15試験体	すみ肉溶接継手	15	-	-	22	1182	溶接部
BF15試験体	すみ肉溶接継手	15	-	-	22	1121	母材
AP3試験体	部分溶込み溶接継手	10	45	3	16	963	溶接部
BP3試験体	部分溶込み溶接継手	10	45	3	16	967	溶接部
AP7-1試験体	部分溶込み溶接継手	10	45	7	8	1241	母材
AP7-2試験体	部分溶込み溶接継手	10	45	7	8	1244	母材 2体 溶接部 1体

キーワード すみ肉溶接, 荷重伝達型十字溶接継手, 引張試験

連絡先 〒105-000 東京都港区西新橋 1-6-11 西新橋光和ビル 9F (一社)日本橋梁建設協会 TEL 03-3507-5225

平均せん断応力と平均直応力を求めた。その結果の例を図2に示す。せん断応力は15度断面で最も小さく、60度断面で最も大きくなっている。一方、直応力は15~45度断面で大きくなっている。

4. 引張試験

9種類の試験体、それぞれ3体ずつ2,000kNの万能試験機を用いて引張試験を行った。表1には、各種試験体で得られた最大荷重(平均値)と破断位置も示している。代表的な破断状況を写真1に示す。溶接脚長が大きく、溶込みが深い場合には母材、脚長が小さい場合には溶接部で破断している。溶接部で破断した試験体については、破断面の角度も測定した。その結果、試験体ごとに多少異なるものの、破断面の角度は概ね60度程度であった。

5. 強度評価

図3に本試験で得られた溶接部の強度を示す。図中には他の文献^{1)~4)}で行われた試験結果も示している。この図の縦軸である引張強度比は、母材の引張強度(ミルシート値)で溶接部断面応力を除した値である。この比が1.0であれば、溶接部の強度は母材の引張強度と等しいということになる。せん断強度は引張強度の $1/\sqrt{3}$ とされているが、その値(0.58)も図中に示している。溶接部の応力は、道路橋示方書などで用いられている45度断面に加え、応力解析から適切と考えられた30度断面も用いている。なお、破断面から60度断面が適切という結果が得られたが、60度と30度の断面積は一致する。いずれの断面を用いても強度比はほぼ0.8~1.2の範囲に分布している。このことは、せん断応力を基準とした強度評価は安全側、直応力を基準とした強度評価は危険側となることを意味している。

6. まとめ

荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の溶接部の静的強度は従来のせん断応力を用いた照査では安全側、直応力を用いた評価では危険側となる。ここでは単純に応力ベースで強度評価を行うことを考えたが、溶接部の破断は伸びを伴わないため、例えばJ積分値を用いるなど、未溶着部をき裂とみなした破壊力学的検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 落橋防止装置等の溶接不良に関する有識者委員会：落橋防止装置等の溶接不良に関する有識者委員会, 中間報告書, 2015.
- 2) 佐藤邦彦, 瀬尾健二, 樋口元一, 矢田具隆夫：部分溶込み溶接継手の変形挙動と強度, 溶接学会誌, 第42巻, 1973.
- 3) 鷺尾健三, 滝沢章三：部分溶込み溶接継手の強度に関する研究, 川崎製鉄技報, Vol. 3, 1971.
- 4) 森猛, 吉本秀一, 林俊一, 三木千寿：塗装鋼板のすみ肉溶接施工試験および十字継手の引張強度と疲労強度, 構造工学論文集, Vol. 40A, 1994.

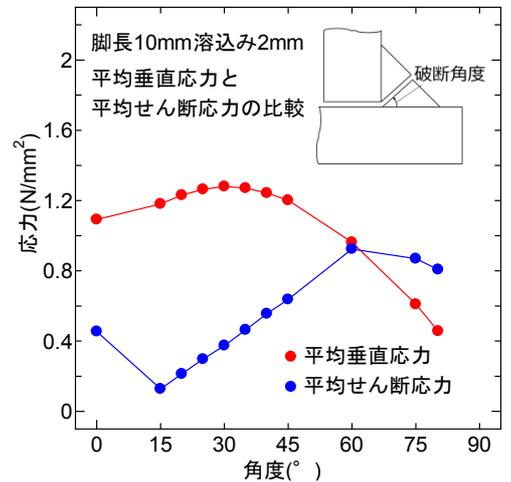


図2 角度ごとの垂直応力とせん断応力の比較

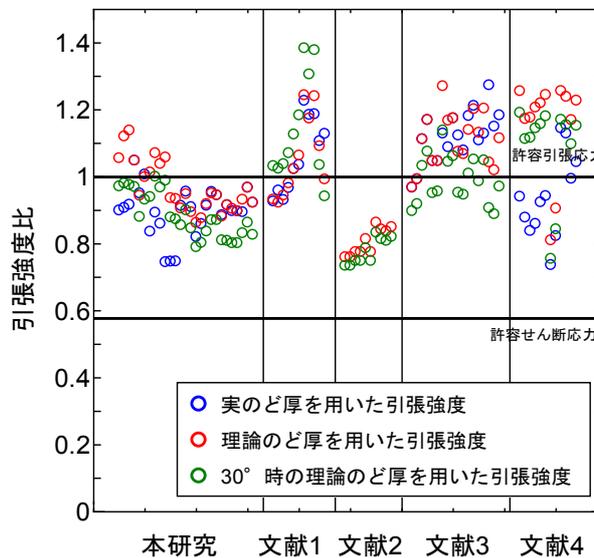


図3 溶接部の引張強度比

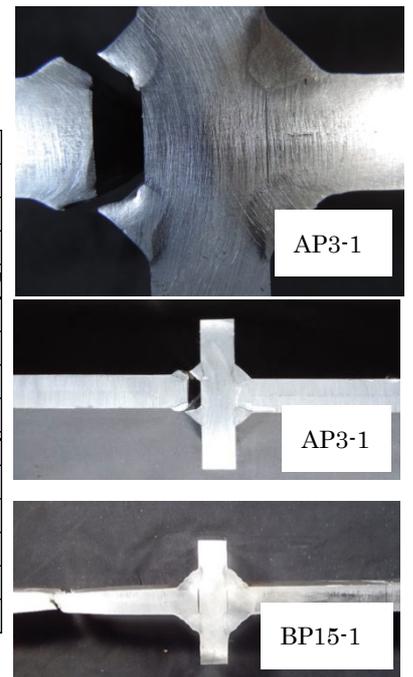


写真1 試験体の破断状況