

310 自動車用溶接高張力鋼板の衝撃引張強度特性

Characteristics of Impact Tensile Strength of Welded High-Tensile Strength Steel Sheets for Vehicles

○学 阿部 慎 (室蘭工大) ◎臺丸谷 政志 (室蘭工大) ◎藤木 裕行 (室蘭工大) 塩崎 修 (室蘭工大)

Makoto ABE, Masashi DAIMARUYA, Hiroyuki FUJIKI and Osamu SHIOZAKI

Muroran Institute of Technology, Mizumotocho 27-1, Muroran, Hokkaido

1. 緒言

近年、自動車は安全基準の強化などから車体重量は増加する傾向にある。一方で主に環境問題の観点から、燃費向上のための車体の軽量化も強く望まれている。強度を確保したまま構造材を薄板化し、軽量化するために使用量が増加しているのが高張力鋼を用いたテーラード・ブランク技術である。テーラード・ブランク技術は異なる鋼種、厚さの鋼材を予め溶接した部材をプレス成型する技術で、強度・厚さの最適化により軽量化や生産コストの削減が可能になる。しかし、構造物としての強度は溶接部の強度に因ることが多い。溶接部の力学的特性、特に報告の少ない衝撃変形強度特性を明らかにすることは非常に重要である。

本研究では複数の鋼種とそれらの溶接部材の衝撃変形特性について検討することを目的とし、静的引張試験、マイクロ・ビッカース硬度試験、落錘式スプリット・ホプキンソン棒法を用いた衝撃引張変形強度試験を行った。

2. 試験片

熱間圧延 270MPa 級普通鋼板(以下 HR270)、熱間圧延 590MPa 級高張力鋼板(以下 HR590)、熱間圧延 780MPa 級高張力鋼板(以下 HR780)の 3 鋼種を用い、母材の平滑材、レーザ溶接を施した同種溶接継手、及び異種溶接継手の計 9 種類の試験片を製作し試験を行った。試験片の形状を Fig. 1 に示す。評価対象とする平行部寸法は長さ 20mm、幅 7mm、厚さ 2mm とし、溶接部は突合せで平行部の中心で図の太線部を溶接した。Table 1 と Table 2 に使用した溶接試験片の溶接条件及び化学組成を示す。

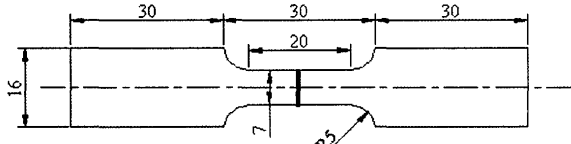


Fig. 1 The dimension of a specimen for tensile test

Table 1 LASER beam welding condition

LASER type	LASER Power	Welding speed	Shield gas
CO ₂ LASER	5kW	5m/min	Ar

Table 2 Chemical composition [Wt (%)]

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
HR270	0.006	0.03	0.17	0.02	0.007	0.01	0.02	0.01
HR590	0.09	0.37	1.3	0.02	0.003	0.02	0.04	0.01
HR780	0.04	0.04	1.3	0.01	0.000	0.01	0.05	0.02

3. マイクロ・ビッカース硬度試験

テーラード・ブランク技術を用いるにあたり、溶接による材料への熱影響を調べるため、マイクロ・ビッカース硬度試験を実施した。試験範囲は溶接部中心から外側へ 5mm ずつ、測定点間隔 0.25mm、荷重 1.96N、荷重時間 15 秒とした。結果を Fig. 2 に示す。同種溶接継手は溶接部全体で硬度が上昇しているが、HR780 で

HAZ 部に僅かながら硬度の低下が見られた。異種溶接継手では溶接部でそれぞれの組み合わせのほぼ中間を示した。

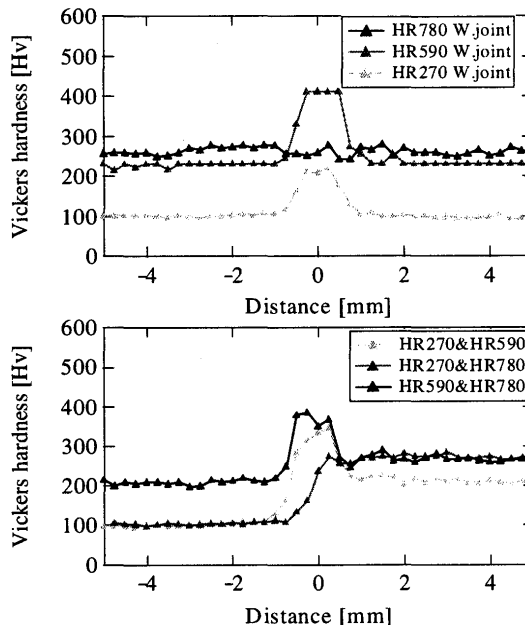


Fig. 2 Distribution of Vickers hardness

4. 静的引張試験

衝撃引張試験との機械的性質の比較のため、静的引張試験を行った。試験は万能材料試験機 (INSTRON 5586) を用い、クロスヘッド速度 0.5mm/min、ひずみ速度 0.02s⁻¹ とした。得られた応力-ひずみ線図を Fig.3 に示す。

引張強度は、同種溶接継手ではそれぞれの平滑試験片の強度と同等であった。異種溶接継手ではそれぞれの組合せの弱い方の母材平滑試験片強度と同等であり、ともに良好な継手性能を示した。破断ひずみは同種溶接継手、異種溶接継手ともに減少し、異種溶接材は同種溶接材よりも減少した。これは溶接による強度の上昇、及び強度の異なる材料を組み合わせることによって強度の高い部分が塑性変形に至らなかったためと考えられる。各試験片の破断ひずみと平滑試験片に対する破断ひずみの減少の割合を Table 3 に示す。

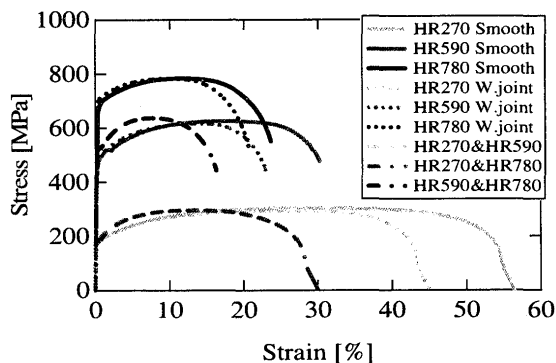


Fig. 3 Stress-strain diagram of each steel specimen in static test

Table 3 Reduction of fracture strain to smooth specimen in static test (%)

	Fracture strain	Strain reduction	Corrected fracture strain
HR270 Smooth	54.2		
HR590 Smooth	35.6		
HR780 Smooth	29.1		
HR270 W.joint	38.0	29.9	47.5
HR590 W.joint	24.2	32.0	30.3
HR780 W.joint	18.4	36.7	23.0
HR270&HR590	21.4	60.5	53.5
HR270&HR780	21.9	59.6	54.8
HR590&HR780	14.5	59.2	36.3

5. 衝撃引張試験

スプリット・ホプキンソン棒法を用いた装置を使用し衝撃引張試験を行った。今回の試験では衝撃速度は 8.9m/s とし、ひずみ速度は 330s⁻¹ となる。試験の結果から算定された応力-ひずみ曲線を Fig. 4 に示す。いずれの線においても降伏点付近にピークが現れているが、これは試験装置の特性による見かけ上のピークである。また、ひずみ 25% までで線が切れているが、装置の測定限界によるもので、試験片の破断を示していない。破断ひずみは試験後に再度突合せを行い、実測して求めた。同種溶接継手の引張強度は平滑材の強度と同程度となっており、良好な継ぎ手性能を示した。異種溶接継手はそれぞれの組み合わせの弱い方の母材平滑材と同等、もしくはそれより高い強度を示した。

破断ひずみは同種溶接継手では母材平滑試験片に比べて減少し

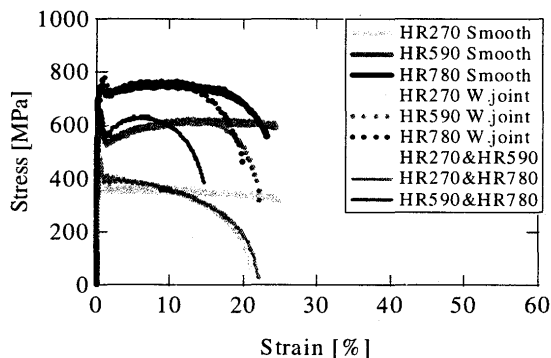


Fig. 4 Stress-strain diagram of each steel specimen in impact test

Table 4 Reduction of fracture strain to smooth specimen in impact test (%)

	Fracture strain	Strain reduction	Corrected fracture strain
HR270 Smooth	57.1		
HR590 Smooth	32.9		
HR780 Smooth	25.4		
HR270 W.joint	47.2	17.2	59.1
HR590 W.joint	24.5	25.4	30.7
HR780 W.joint	22.1	12.8	27.7
HR270&HR590	30.8	46.1	76.9
HR270&HR780	30.9	45.8	77.3
HR590&HR780	17.7	46.2	44.2

異種溶接継手は同種溶接継手より更に減少した。静的引張試験と同様に強度の高い部分が塑性変形に至らなかったためと考えられる。各試験片の破断ひずみと平滑試験片に対する破断ひずみの減少の割合を Table 4 に示す。

6. 静的・衝撃引張試験の比較と考察

試験を行った各試験片の引張強度及び破断ひずみをプロットしたものを Fig. 5 に示す。HR270 の平滑・同種溶接継手では静的引張強度に対して衝撃引張強度が上昇し、ひずみ速度効果が確認できる。HR270 を使用した異種溶接継手では、衝撃引張強度が HR270 の母材平滑試験片及び同種溶接継手の衝撃引張強度よりも強度が上昇した。これは高強度側の材料及び溶接熱影響部が塑性変形に至らず、これらよりも低強度の部分に変形が集中したことで実質的なひずみ速度が上昇し、ひずみ速度効果によって引張強度が上昇したものと考えられる。これに関して予備試験を行い、平行部 20mm のうち実際に変形した部分は、同種溶接継手で 90% 程度、異種溶接継手で 40% 程度と推定された。これに基づいて Table 3, 4 の破断ひずみの補正値を算定した。このときの実質的なひずみ速度はそれぞれ約 400s⁻¹、約 890s⁻¹ となる。HR780 の同種溶接継手では静的引張強度に比べ衝撃強度の低下が見られた。これは HAZ 部での硬度低下が原因となったと考えられる。

Table 3, 4 に示した破断ひずみの減少量が静的試験と衝撃試験で異なった。特に HR270 を使用した試験片では衝撃試験における破断ひずみの減少が多くなった。実際に変形する部分とこれに関わる実際のひずみ速度と併せて更に詳細な検討が必要である。

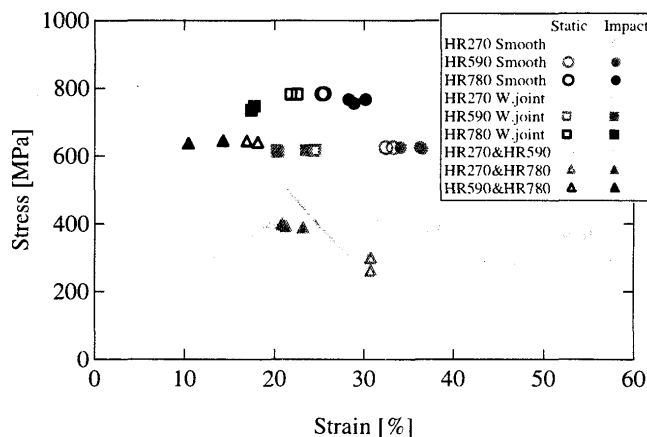


Fig. 5 Relation of fracture strain-tensile strength

7. 結言

各試験より以下の結果を得た。

- (1) 静的・衝撃の両引張試験ともに溶接材の破断ひずみが減少した。減少の割合は静的引張試験と衝撃引張試験で異なり、特に HR270 を使用した試験片では衝撃試験における破断ひずみの減少が多くなる傾向が見られた。
- (2) 衝撃引張試験において、HR270 を用いた異種溶接材の高強度部分が塑性変形に至らなかったため実質的なひずみ速度が上昇し引張強度が母材平滑試験片及び同種溶接継手に対して上昇した。
- (3) HR780 の同種溶接材での衝撃強度の低下、衝撃試験における異種溶接材の実際のひずみ速度、及び変形が生じる部分のより詳細な算定が今後の検討課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 板状試験片の衝撃引張試験法の検討：臺丸谷政志、小林秀敏、津田紘、材料、第 53 巻、第 11 号、pp. 1240-1246 (2004)