

110 異種鋼板を用いた自動車用溶接継手の衝撃引張変形強度の評価

Impact tensile strength of welding joints using different steel sheets for vehicles

○水戸 学 (室蘭工大院生) 臺丸谷 政志 (室蘭工大) 小林 秀敏 (大阪大)
藤木 裕行 (室蘭工大) 塩崎 修 (室蘭工大)

Mito Manabu, Graduate Student, Daimaruya Masashi, Muroran Inst. of Tech, Kobayashi Hidetoshi, Osaka Univ.,
Fujiki Hiroyuki, Muroran Inst. of Tech., Shiozaki Osamu, Muroran Inst. of Tech.

1. 緒言

自動車産業では地球環境保護の観点から温暖化の原因となるCO₂を削減するために車体を軽量化し、燃費を向上させることが課題となっている。しかし、軽量化と強度信頼性は相反する関係にある。そこで近年、軽量化を図りながら強度信頼性の向上も図るため、高張力鋼を使用したテーラードブランク技術が注目されている。素材寸法や変形強度の異なる鋼板を溶接・接合し、それをプレス成形するテーラードブランク技術においては、溶接部材の機械的特性やプレス成形性の研究の必要性は言うまでもなく、さらに、自動車部品の軽量化および強度信頼性の向上を図るうえで、高張力鋼板の溶接継手に関する衝撃変形強度の力学的特性を明らかにすることも重要である。しかし、溶接継手の静的強度および疲労強度に関する研究は数多く報告されているが、高張力鋼板の溶接継手の衝撃変形強度に関する研究はほとんどなされていない。

ここでは、270MPa級普通鋼、590MPa級高張力鋼および780MPa級高張力鋼、それぞれの組合せによる異種鋼板の突合せレーザ溶接継手に関して、静的変形強度試験および衝撃変形強度試験を実施した。まず、各鋼種試験片の機械的性質を調べるため、万能材料試験機(INSTRON 5586)を用いて、静的引張試験(クロスヘッド速度 0.01mm/s, ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 5.1 \times 10^{-4}$ [1/s])を行った。また、この関係の衝撃引張試験法の標準化はなされていないが、最も信頼性の高いスプリット・ホプキンソン棒法を応用した落錘式の引張型ホプキンソン棒法装置を用いて衝撃引張試験を行った。

2. 衝撃引張試験

2.1 衝撃引張試験装置¹⁾ 本研究では薄板の試験片が装着できる落錘式スプリット・ホプキンソン棒法引張試験装置を用いた。この装置は自由落下させた衝撃円管(高圧配管用炭素鋼管: 外径 42.7mm, 内径 35.5mm, 長さ 2000mm)を入力棒の下端に固定されているフランジに衝突させることによって、引張応力波を発生させ、これにより試験片を引張破断させる。入・出力棒には、直径 25mm, 長さ 4000mm のステンレス棒(SUS304)を使用した。入・出力棒の縦弾性係数は $E=194$ GPa, 密度 $\rho=7.8 \times 10^3$ kg/m³ で、縦弾性波の伝播速度 C は、計算および波動伝播実験ともに、 $C=5.0 \times 10^3$ m/s と求められた。入・出力棒には試験片締結端からそれぞれ 600mm の位置に半導体ひずみゲージ(KYOWA, KSP-2-120-E4)を2枚軸対称に貼付し、入力棒側、出力棒側をそれぞれ Gage1, Gage2 とした。Gage1 で入射応力波 σ_i および反射応力波 σ_r が測定され、Gage2 で透過応力波 σ_t が測定される。これらの測定結果に基づき、式(1)によって、応力 σ , ひずみ ϵ , ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ が求められる。式(1)において、 t は時間, A_0 , l_0 はそれ

ぞれ試験片の断面積, 平行部の長さであり, A , C , ρ はそれぞれ入・出力棒の断面積, 縦弾性伝播速度, 質量密度である。また, l_1 , l_2 はそれぞれ入力棒上のひずみゲージから試験片端面までの距離と出力棒上のひずみゲージから試験片端面までの距離である。

$$\sigma(t) = \frac{A}{A_0} \sigma_i \left(t + \frac{l_2}{C} \right)$$

$$\epsilon(t) = \frac{2}{\rho C l_0} \int \left\{ \sigma_i \left(t - \frac{l_1}{C} \right) - \sigma_i \left(t + \frac{l_2}{C} \right) \right\} dt \quad (1)$$

$$\dot{\epsilon}(t) = \frac{2}{\rho C l_0} \left\{ \sigma_i \left(t - \frac{l_1}{C} \right) - \sigma_i \left(t + \frac{l_2}{C} \right) \right\}$$

2.2 試験片 試験材として、熱間圧延普通鋼(HR270), 590MPa級高張力鋼(HR590)および780MPa級高張力鋼(HR780)の3種類を用いた。各鋼種の平滑試験片, レーザ溶接による同種および異種鋼板突合せ溶接継手をそれぞれ用意した。試験片は平行部の長さ 20mm, 幅 7mm, 厚さ 2.0mm, 肩部の長さ 30mm, 幅 16mm である。薄板試験片を入・出力棒に取り付けるために、ねじを切った短い丸棒にスリットを入れ、アタッチメントとして試験片と接着した。このアタッチメントを入・出力棒にねじ締結させ試験片を取り付けた。Fig. 1, 2 にそれぞれ試験片概略図, アタッチメントの取り付け方法の概略図を示す²⁾。

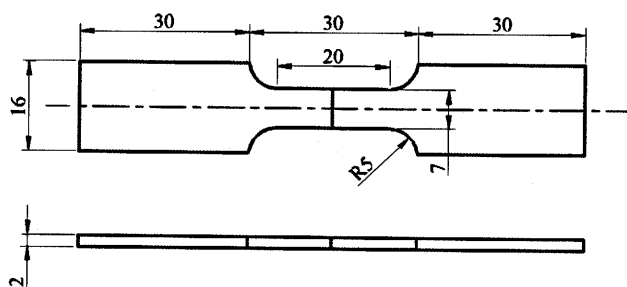


Fig. 1 Outline figure of Laser welded joint specimen.

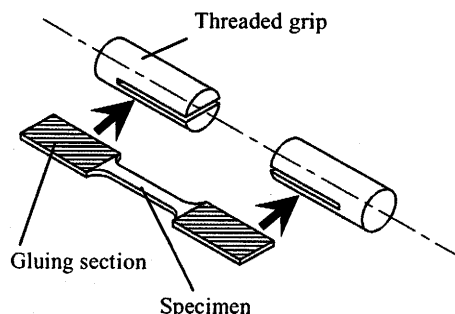


Fig. 2 Thin plate specimen with attachment and fastening with stress bars by screws.

3. 衝撃変形強度

3.1 応力波形 3鋼種, それぞれ平滑母材試験片, 同種および異種鋼板突合せレーザ溶接継手, 計9種類の試験片に

ついて衝撃円管を高さ 4m から自由落下させて(衝撃速度 $V = 8.85 \text{ m/s}$) 衝撃引張試験を行った。それぞれ 2~4 試験片について試験を行い比較的再現性のよい結果が得られた。一例として、Fig. 3 に HR590 同士の突合せレーザー溶接試験片の場合に関して、入・出力棒で計測された応力-時間曲線を示す。他の試験の場合についても同様な応力波形が測定された。

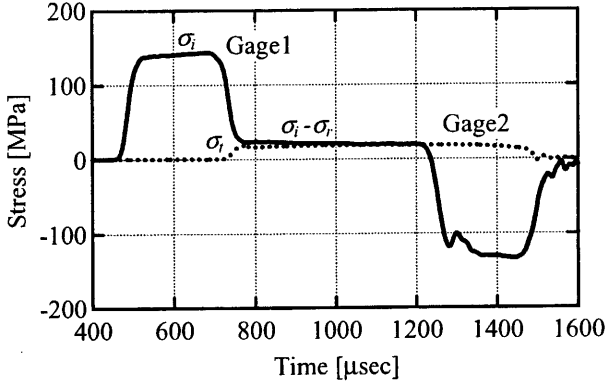


Fig. 3 Variation of stresses with time on stress bars.

3.2 衝撃引張変形強度 各試験片について入・出力棒で計測された応力波形より、衝撃応力-ひずみ曲線を求めた。衝撃実験条件はすべて同じで、ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 350 [1/s]$ である。Fig. 4 に同種および異種鋼板突合せレーザー溶接継手の衝撃応力-ひずみ曲線を静的試験結果と共に示す。ただし、溶接部では一様の応力状態になっているとは考え難いが、母材平滑試験片の場合と同様に、引張荷重を試験片平行部の断面積で除した値を引張応力とした。Fig. 4 (a)~(c)において、それぞれ実線は衝撃試験結果、破線は静的試験結果である。

異種鋼板溶接継手(a)HR270&HR590 および(b)HR270&HR780 の静的引張強度は、同種鋼板溶接継手 HR270&HR270 のそれと同程度となった。破断ひずみは HR270&HR270 のその65%程度で、いずれも強度の低いHR270の母材部で破断した。(c) HR590&HR780 の静的引張強度は HR590&HR590 のそれと同程度で、破断ひずみは HR590&HR590 のその約 72% であり、(a)、(b)同様、強度の低い方の鋼板 HR590 の母材部で破断した。

衝撃試験結果について、まず、HR270 の同種鋼板溶接継手の衝撃試験結果がひずみ 25% 付近で終わっているが、これは破断を示すものではなく時間的な測定限界によるもので、他の試験片では測定時間内に破断に至っている。異種鋼板溶接継手(a) HR270&HR590 および(b)HR270&HR780 の衝撃引張強度は、同種鋼板溶接継手 HR270&HR270 のそれを若干超えるか同程度となった。破断ひずみは HR270&HR270 の半分程度となっており、いずれも強度の低い方の鋼板の母材部で破断した。また、(a)および(b)ともにひずみ速度効果によって、静的引張強度より約 25% の上昇を示した。(c) HR590&HR780 の衝撃引張強度は HR590&HR590 のそれとほぼ同程度で、破断ひずみは HR590&HR590 のその約半分程度であった。また、(c)においてはひずみ速度効果はほとんど認められない。

4. 結 言

本研究では、ホプキンソン棒法を用いて自動車用鋼板 HR270、HR590 および HR780 の同種および異種鋼板の突合せレー

ザ溶接継手の衝撃引張変形強度を調べた結果を得た。

- (1) 異種鋼板溶接継手 (HR270&HR590, HR270&HR780 および HR590&HR780) の衝撃引張変形強度は、強度が低い方の鋼板の同種鋼板溶接継手の衝撃引張変形強度を若干超えるか同程度の値となった。
- (2) 異種鋼板溶接継手の破断ひずみに関しては、すべての継手で同種鋼板溶接継手の約半分程度となった。
- (3) 静的および衝撃引張試験ともに、同種鋼板溶接継手 HR270&HR270, HR590&HR590 では母材部で破断し、HR780&HR780 では溶接部で破断した。また、異種鋼板溶接継手においてはすべて強度の低い方の鋼板の母材部で破断した。

参考文献

- 1) 丹内克則, 平成 16 年度室蘭工業大学修士学位論文「自動車用溶接鋼板の衝撃引張変形強度」。
- 2) 津田紘, 臺丸谷政志, 小林秀敏, 自動車用鋼板レーザー突合せ溶接継手の衝撃引張変形強度, 材料, vol.9No.9 (2005)。

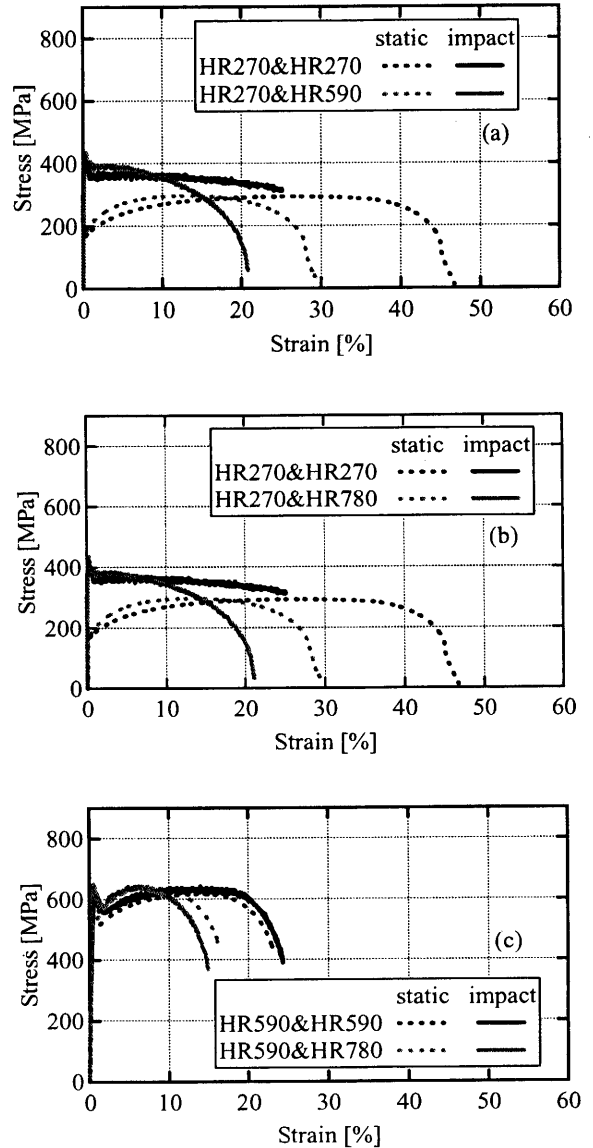


Fig. 4 Stress-strain curves in impact and static tests.