

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 工学 )	氏名	中山英介
論文題目	小型試験片による自動車用鋼板スポット溶接部の局所強度評価に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、小型試験片による静的引張試験および疲労試験によって溶接金属や熱影響部などのスポット溶接部の局所強度特性を評価する方法を開発し、継手全体の詳細な応力・ひずみ解析と合わせて、自動車車体に用いられる鋼板のスポット溶接部の強度推定法を開発することを目的に、詳細な実験と解析を行ったものであって、5章からなっている。</p> <p>第1章は緒論であり、自動車車体に用いられる鋼板、車体組立に多用されるスポット溶接、および、溶接部分の微視組織的特徴について説明した後、その強度評価に関する研究背景および熱影響部や溶接金属などの溶接部の局所強度評価の重要性を述べ、本研究の目的と位置付けを明らかにしている。</p> <p>第2章では、局所部分の引張強度とスポット溶接部全体の静的強度の関連性を検討している。まず、全長3mm以下で試験部断面0.3mm×0.3mmの小型板状試験片に対する軸力負荷による引張試験方法を考案するとともに、これを用いてスポット溶接部材の熱影響部と溶接金属の局所引張強度を評価している。また、主にせん断荷重が負荷されるスポット溶接引張せん断継手の静的強度試験を実施し、ナゲット径が大きい場合にはスポット溶接部の外周に沿うプラグ破断となり、ナゲット径が小さい場合にはスポット溶接部の内部を横切る界面破断となることを、示している。さらに、局所引張試験から得た材料特性を用いて、これらの静的試験の有限要素弾塑性解析を実施している。その解析より求めた両破壊形態の破壊起点における相当塑性ひずみは、それぞれその部位から採取した小型引張試験片の試験から評価した真の破壊ひずみとよく一致している。すなわち、スポット溶接部の静的強度が、局所引張強度とナゲット径の計測によって予測できることを定量的に明らかにしている。</p>			

氏名	中山英介
----	------

第3章では、局所部分の疲労強度とスポット溶接部全体の疲労強度の関連性を検討している。まず、前章と同等寸法の小型試験片に対して、軸力負荷による引張-圧縮疲労試験方法を考案するとともに、これを用いてスポット溶接部の疲労破壊起点である熱影響部の局所疲労強度を評価している。また、スポット溶接引張せん断継手の高サイクル疲労試験と、それに対応する有限要素弾塑性解析を実施し、破壊起点は主応力軸方向が一定ではない非比例応力状態となること、垂直応力範囲が最大となる危険面の方向は実際のき裂進展方向と一致することを示している。さらに、スポット溶接引張せん断継手の疲労限度に相当する荷重条件下における危険面上の垂直応力が、熱影響部の疲労限度線図において Gerber 線近くに位置することを示している。すなわち、スポット溶接部の疲労強度が、熱影響部の局所疲労強度と残留応力によって推定できることを定量的に明らかにしている。

第4章では、前章までの実験解析手法を用いて、鋼板材質と試験片形状（応力状態）がスポット溶接部の疲労強度に及ぼす影響を検討している。まず、特殊な形状を有するスポット溶接対向カップ型継手を、引張強度が440MPaを越える高張力鋼板に対して初めて作製することに成功している。これを用いた疲労試験を実施し、スポット溶接引張せん断継手の結果と比較している。これより、スポット溶接引張せん断継手では高張力鋼板と軟鋼板の疲労強度はほぼ同等であるのに対して、スポット溶接対向カップ型継手では高張力鋼板の方がせん断疲労強度に優れることを明らかにしている。また、両溶接継手を対象に、局所引張強度を用いた有限要素弾塑性解析を実施している。その結果、スポット溶接引張せん断継手では、スポット溶接部の回転によって破壊起点が多軸応力状態となることと、高張力鋼板は軟鋼板よりも同一荷重下での塑性変形が小さいことに起因して、垂直応力が大きくなることを示している。一方、スポット溶接対向カップ型継手は、スポット溶接部の回転が小さいため純せん断に近い応力状態であり、同一荷重下で塑性変形の小さい高張力鋼板の方が疲労強度に優れている。すなわち、スポット溶接部の疲労強度に及ぼす鋼板材質と応力状態の影響を、局所強度に基づいて説明できることを明らかにしている。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

氏名	中山英介
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、小型試験片による静的引張試験および疲労試験によって溶接金属や熱影響部などのスポット溶接部の局所強度特性を評価する方法を開発し、継手全体の詳細な応力・ひずみ解析と合わせて、自動車車体に用いられる鋼板のスポット溶接強度の推定法を提案している。得られた主な結果は、以下のとおりである。

1) 小型試験片を用いて、スポット溶接部の溶接金属と熱影響部の局所引張強度を評価している。また、その結果を基に、主にせん断荷重が負荷されるスポット溶接引張せん断継手の有限要素弾塑性解析を実施している。この解析より求めた変形集中部の相当塑性ひずみと、小型試験片の実験より得られた局所破壊ひずみより、スポット溶接継手の破壊強度を精度良く予測できることを示している。

2) 小型試験片を用いて、スポット溶接部の疲労破壊起点である熱影響部の局所疲労強度を評価している。また、引張せん断継手の有限要素弾塑性解析を実施し、垂直応力範囲が最大となる危険面の方向が実際のき裂進展方向と一致すること、その危険面上垂直応力範囲が熱影響部の疲労限度線図においてGerber線近くに位置することを示し、スポット溶接継手の疲労強度が局所疲労強度により推定できることを定量的に明らかにしている。

3) 高張力鋼板のスポット溶接対向カップ型継手試験片の作製に初めて成功し、引張せん断継ぎ手の場合と異なり、高張力鋼板が軟鋼板よりもせん断疲労強度に優れることを明らかにしている。また、局所引張強度を用いた有限要素弾塑性解析を実施し、その原因を解明している。すなわち、両者の相違は、引張せん断継手では多軸応力状態となり、対向カップ型継手ではほぼ純せん断応力状態となるためであることを示している。これより、スポット溶接部の疲労強度に及ぼす鋼板材質と応力状態の影響を、局所強度に基づいて予測できることを明らかにしている。

以上、要するに本論文は、自動車用鋼板のスポット溶接部の強度を、小型試験片による体系的な強度実験と有限要素弾塑性解析に基づいて詳細に解明し、溶接部の局所変形・破壊特性に基づいてスポット溶接継手の静的および疲労強度推定ができることを示したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年2月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。