

溶接止端処理による疲労強度向上の検討

法政大学

学生員

松尾文彦

法政大学

正 員

森 猛

(株) 東京鐵骨橋梁製作所

正 員

田中雅人

1. はじめに 溶接継手の疲労強度を向上させる方法としては、溶接止端部をグラインダーなどで仕上げるのが一般的である。これは、疲労亀裂の起点となる溶接止端部の曲率半径 ρ を大きくすることによる応力集中の軽減効果を狙ったものである。ここでは、止端仕上げの効果に加え、既存の溶接部に付加溶接を行い、開き角 θ を大きくすることによる疲労強度向上の可能性について疲労試験、有限要素応力解析および疲労亀裂進展解析を行うことにより検討する。

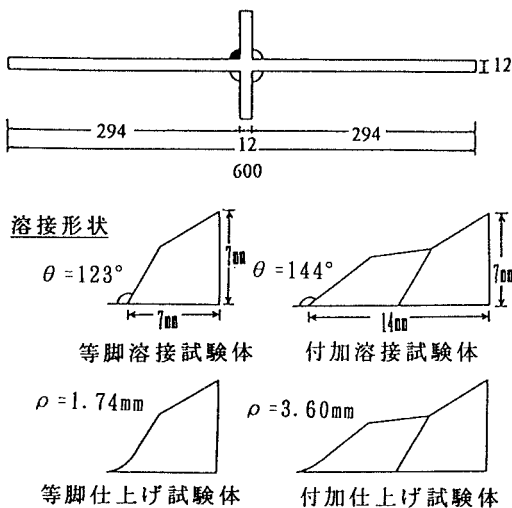


図1 試験体の形状、寸法

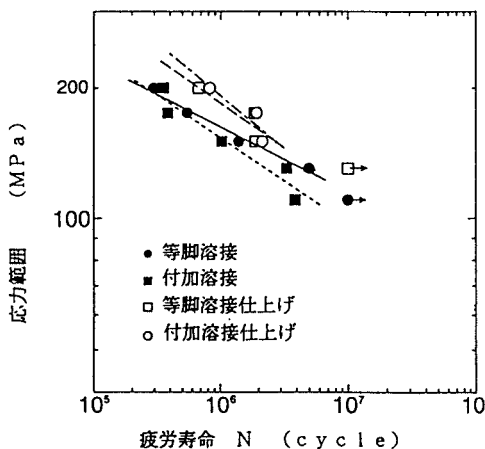


図2 疲労試験結果

2. 試験体および試験方法

疲労試験に用いた試験体は、等脚溶接、付加溶接、等脚溶接仕上げ、付加溶接仕上げの4タイプである。供試鋼材は、板厚12mmの溶接構造用鋼材JIS SM490Yであり、その降伏点は214MPa、引張強さは276MPa、伸びは26%である。試験体の形状および寸法を図1に示す。等脚溶接試験体は通常の溶接部をモデル化したもの、付加溶接試験体は通常の溶接部に付加溶接を行ったもの、等脚仕上げ試験体は等脚溶接試験体の、付加溶接仕上げ試験体は付加溶接試験体の溶接止端部をペンシル型のグラインダーで仕上げたものである。各試験体の溶接止端形状（曲率半径 ρ と開き角 θ ）は、等脚溶接試験体で $\rho=0.49\text{mm}$ 、 $\theta=123.1$ 度、付加溶接試験体で $\rho=0.58\text{mm}$ 、 $\theta=144.2$ 度、等脚溶接仕上げ試験体で $\rho=1.74\text{mm}$ 、 $\theta=124.5$ 度、付加溶接仕上げ試験体で $\rho=3.60\text{mm}$ 、 $\theta=142.9$ 度であった。

3. 試験結果

疲労試験により得られた各試験体の応力範囲と疲労寿命の関係を図2に示す。図中の直線群は、各試験体の疲労寿命に対する応力範囲の回帰直線である。溶接止端部を仕上げた試験体の疲労強度は、等脚、付加溶接ともに非仕上げの試験体よりも200万回疲労強度で、20%程度高くなっておりグラインダー仕上げの効果が顕著である。付加溶接試験体と等脚溶接試験体の疲労強度を比較すると、若干付加溶接試験体の方が低くなっているもののほとんど差はなく、付加溶接の影響はさほど見られない。

4. 解析方法

付加溶接の影響についてより詳細に検討するため、汎用有限要素応力解析ソフト（FEM5）を用い、平面ひずみ条件下で応力解析を行い、それによって得られた板厚方向の応力分布を基に疲労亀裂進展解析を行った。解析対象は図1に示す試験体と図3に示す付

加溶接の大きさを変化させたモデルA1～A6である。各試験体の溶接止端の形状は、等脚溶接試験体で $\rho=0.50\text{mm}$ 、 $\theta=123^\circ$ 度、付加溶接試験体で $\rho=0.50\text{mm}$ 、 $\theta=140^\circ$ とし、等脚仕上げ試験体で $\rho=5.0\text{mm}$ 、 $\theta=120^\circ$ 度、付加仕上げ試験体で $\rho=5.0\text{mm}$ 、 $\theta=140^\circ$ とした。モデルA1は、付加溶接のない通常のすみ肉溶接の形状を模擬したものである。モデルA2～A6は、モデルA1に付加溶接を行ったもので、Sの長さをそれぞれ1.4、2.8、4.2、5.6、7.0mmとしている。曲率半径は、いずれのモデルも $\rho=0.50\text{mm}$ とした。開き角は、モデルA1で $\theta=120^\circ$ 度、モデルA2～A6で $\theta=150^\circ$ とした。疲労亀裂進展解析においては、初期亀裂の深さを0.1mm、表面での長さを0.2mmとし、限界亀裂の深さを板厚の80%とした。また、 $da/dn \cdot \Delta K$ 関係としては、JSSC疲労設計指針の平均設計曲線を用いた。

5. 解析結果 解析により求めた試験体の応力範囲と疲労寿命の関係を図4に示す。解析結果は、付加溶接を行っても疲労強度がさほど変化しないこと、止端仕上げを行うことにより疲労強度が向上することなど疲労試験結果の傾向をよく表している。応力解析より求めたモデルA1～A6の応力集中係数と付加溶接の脚長Sとの関係を図5に、疲労亀裂進展解析により求めた200万回疲労強度と脚長Sの関係を図6に示す。応力集中係数は、付加溶接を行うことにより約20%軽減され、それにより疲労強度は約25%向上しており、付加溶接の効果が顕著に生じている。また、この改善の程度は付加溶接の大きさによりさほど変化していない。

疲労試験および試験体を対象とした解析で得られなかった付加溶接による疲労強度の改善がモデルA2～A6では顕著にあらわれた理由は、試験体とモデルA2～A6の開き角の違いにある。すなわち開き角をある程度大きくしないと付加溶接の効果はあらわれなとも考えられるが、その詳細については今後検討していきたい。

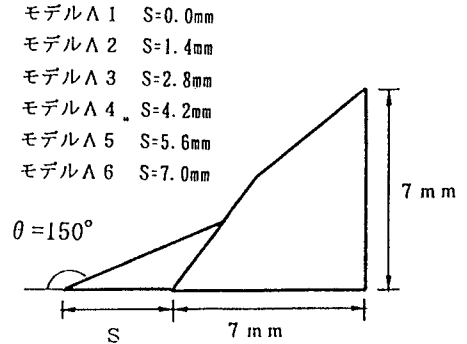


図3 モデルA1～6

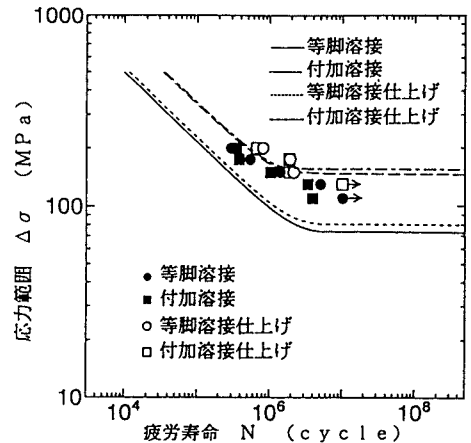


図4 疲労亀裂進展解析結果（試験体）

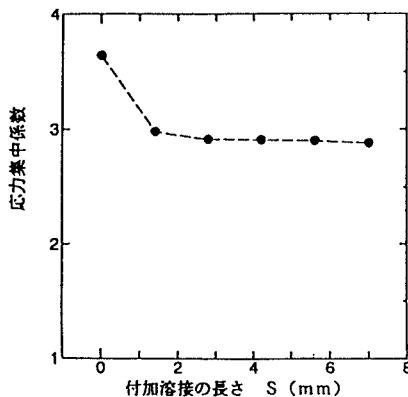


図5 応力集中係数と付加溶接量の関係

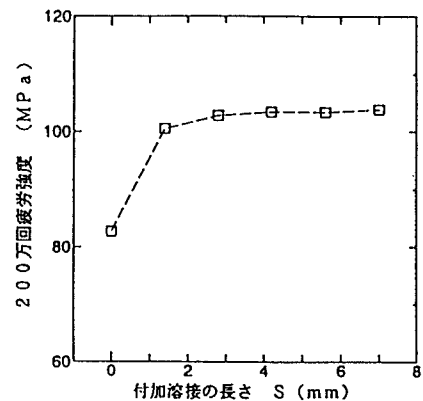


図6 疲労強度と付加溶接量の関係