

I-257

回転せん断力を受けるスタッドの応力と疲労寿命との相関について

大阪大学工学部 正員 松井繁之 大阪大学大学院 学生員 ○文 兌景
 大阪大学工学部 正員 福本湧士 川田工業(株) 正員 高田嘉秀

1. まえがき 鋼板・コンクリート合成床版供試体の輪荷重走行疲労試験結果、主要破壊現象はスタッドのシャーオフであり、従来の一定点荷重疲労試験と異なった破壊現象であった¹⁾。また、このようなスタッドの疲労破壊機構をより正確に調べるため、一本スタッドの回転疲労試験を行い、その疲労強度は既往の押抜き疲労試験結果と比較すると大幅に低下したことを一昨年報告した²⁾。しかし、スタッド疲労寿命を低下させる回転の影響について具体的に表現することはできなかった。そこで、今回は3次元FEM解析を行い、疲労亀裂発生位置であるスタッド溶植部周辺の応力を明らかにするとともに、回転の影響を定性的に調べた。

2. 3次元FEMによる解析 スタッドの溶植部周辺応力分布を明らかにするため、図-1のようなモデルによる3次元有限要素法解析を行った。疲労亀裂発生位置である余盛部は幅3mm、高さ3mmとした。余盛部はスタッド、鋼板と同じ材料を用いて一体化した。スタッド直径と長さは13mm、110mmであり、コンクリート部の長さ、幅と高さは20cm、10cmと12cmである。試験ではスタッドの疲労亀裂発生点は余盛部上側止端と下側止端の2箇所であった。これらの応力分布を精度よく調べるため、周辺部の要素を同じ大きさでできるだけ細かく分割した。全体要素分割図を図-2に示す。境界条件は、 $y=0.0$ の節点では y 方向の変位を拘束し、鋼板周辺の節点においては X, Y, Z 方向の変位を拘束した。載荷位置は回転疲労試験と同じく、鋼板部から2.4cm上部のところに一様な線荷重 $s=50\text{kg/cm}$ を載荷した。

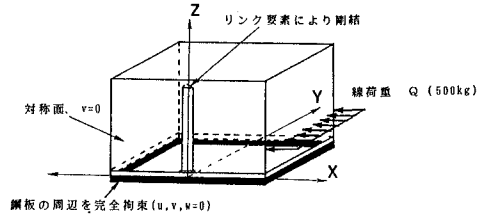


図-1 解析モデル

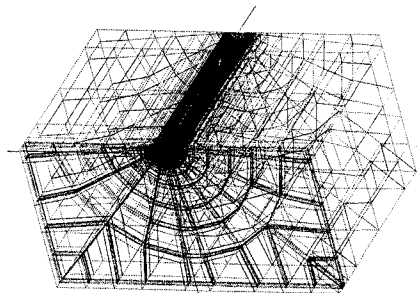


図-2 全体要素分割図

解析の結果、スタッドの変形、余盛部の応力分布など基礎的な資料を得た。 $y=0.0$ における全体変形を図-3に示す。図の中には上記の2箇所での応力値も示している。非載荷側のスタッド軸部とコンクリート部が分離しているのと、載荷側のコンクリート部の浮き上がっているのが見られる。最大応力集中が発生する要素は載荷側溶植部の鋼板側要素である。しかし、疲労試験の場合には疲労亀裂が余盛部上側止端から発生し疲労破断するケースが多かった。解析上ではスタッド母材と溶接金属とは同じ材料を用いて一体化となっているが、実際、この結合は溶接精度によってバラツキが大きく発生し、欠陥を含んでいるためである。

3. 回転影響の定性的評価 同じ条件の供試体に回転せん断力が作用すると溶植部の最大応力振幅と応力履歴は一方向せん断力を受ける場合と異なる。図-4に一方向のせん断力を1サイクル与えた場合と 180° の一回載荷を与えた場合の最大応力振幅展開図を示す。回転疲労試験の場合には図-4のように変動せん断力を与えるPV

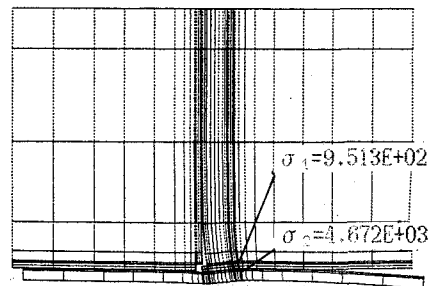


図-3 全体変形

シリーズと偏心量を 0 にし、一定せん断力を与える P C シリーズに対して調べたものである。P C シリーズの場合には 180° 回転によって最大応力振幅は一方のものに比べて約 1.9 倍増加するが、P V シリーズは一方と同じ最大応力振幅である。また、最大応力振幅が発生するところに着目すると、図-5 のように、回転によって異なる応力履歴が発生する。

図-6 に縦軸に片側応力振幅を用いて整理した S-N 図を示す。ただし、回転の場合の回数は 180° 半回転を 1 回とした。なお、データとして、スタッドの破壊が溶接余盛部下側止端から進展したものだけ示す。また、比較のため併用した押抜き疲労試験結果は板厚 6mm の鋼板にスタッド一本を溶接し、H 鋼に一体化させた押抜き疲労試験を行った新しい結果である。図-7 は全応力振幅で整理した S-N 図である。

この図からスタッド溶植部応力と疲労寿命との関係について以下のような考察ができる。

① P C シリーズは最大応力振幅は約 1.9 倍増加することと大きさと方向が変化する変動応力を受けることによって疲労寿命は最も短くなる。さらに、両側の溶接余盛部に最大応力振幅が発生するため、疲労亀裂発生確率が高くなる。② P V シリーズは一方と同じ最大応力振幅を受けるが、回転による応力履歴によって疲労寿命が低下した。③ 図-7 で回転疲労試験結果と一方方向押抜き疲労試験結果の差は回転することだけの差と言える。この差は回転によって溶接部の最弱点が大きな荷重振幅を受ける確率が高くなるためである。

4. あとがき 以上のことによって、回転の影響を定性的に調べることができた。今後の課題としては回転の影響を定量的に把握する必要があると考えられる。なお、合成床版においてスタッド疲労寿命の向上を計ることは重要である。本解析の結果、及びこれまでの試験結果から次のような改良を行うことによって解決できると思われる。すなわち、従来横リブを鋼板下側に入れていたが、これを鋼板上面に移す改良である。このことによって、スタッドに作用する回転せん断力の回転範囲が非常に小さくなることと、リブによってせん断力が分担されるためである。

本研究には文部省科学研究費補助金（試験研究(1)）を受けたことを付記し謝意を表します。

参考文献 1) 松井・佐々木・武藤・渡辺：合成床版の走行荷重による疲労試験（第二報）、土木学会関西支部年次学術講演概要集、I-42、昭和62年4月 2) 松井・福本・佐々木・文：回転せん断力を受けるスタッドの疲労特性について、土木学会関西支部年次学術講演概要集、I-39、昭和63年4月

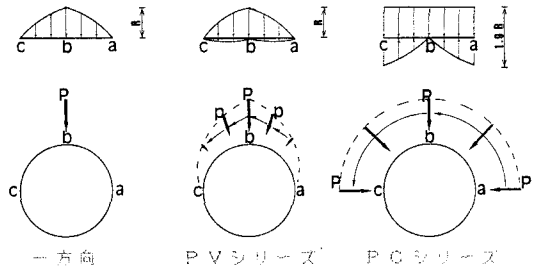


図-4 最大応力振幅展開図

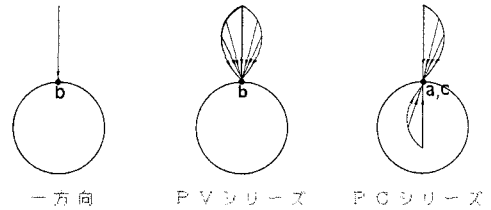


図-5 応力履歴

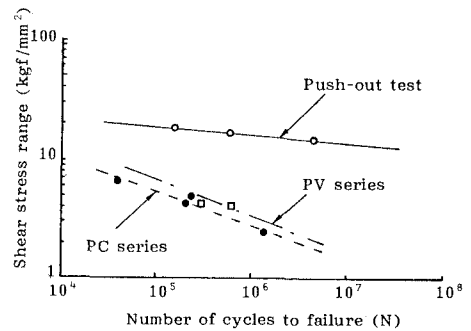


図-6 S-N 図（片側応力振幅）

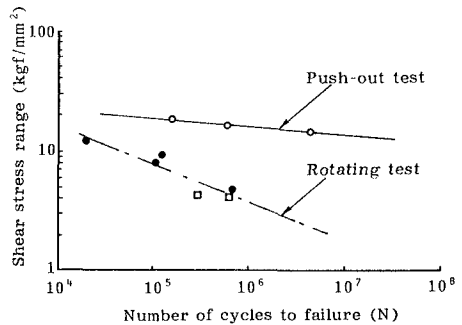


図-7 S-N 図（全体応力振幅）