

スタッド溶植部周辺応力と疲労寿命との関係についての一考察

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 福本嘯士

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と一本スタッドの回転疲労試験を行った結果、主要破壊現象がスタッドのシヤーオフであり、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^{1), 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、共役勾配法を採用した3次元有限要素法解析を行った。解析モデル化は図-1のように行った。境界条件は、 $y=0.0$ の節点においては y 方向の変位を拘束した。また、鋼板周辺の節点においては X, Y, Z 方向の変位に対してすべて拘束を行った。荷重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 $s=50\text{kg/cm}$ を荷重した。全体要素分割図を図-2に示す。スタッド径と長さは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。

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。非荷重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、荷重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荷重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。これは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。

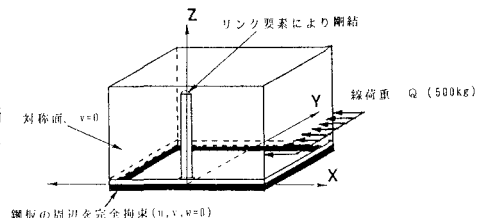


図-1 解析モデル化

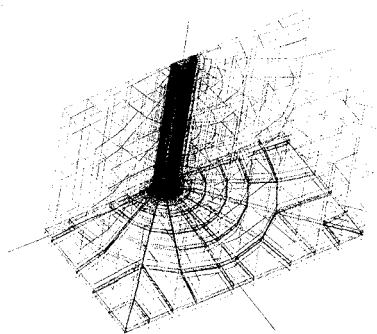


図-2 全体要素分割図

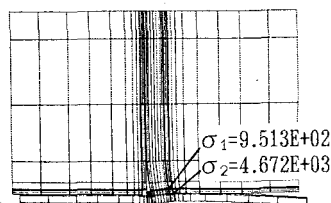


図-3 全体変形

3. 回転影響の定性的評価

せん断力の回転によって発生する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ものであると考えられる。図-4に一方向のせん断力を受ける場合と180°回転疲労試験の場合、一回载荷による最大応力振幅展開図を示す。一方向のせん断力を受ける場合、溶植部周辺の主応力分布を調べると最大応力集中部から離れるに従って減少し、90°を越えればほぼ対称で符号反対の分布となる。回転疲労試験の場合には偏心量を変化させて変動せん断力を与えるPVシリーズと偏心量を0にし、一定せん断力を与えるPCシリーズに対して調べたものである。PCシリーズの場合には180°回転によって最大応力振幅は約1.9倍増加するが、PVシリーズは一方向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。PVシリーズとPCシリーズの場合にはさらに疲労亀裂発生位置であるところに回転によって大きさと方向が変化する応力が作用することが分かる。

図-6に縦軸に応力振幅を用いて整理したS-N図を示す。従来の押抜き疲労試験はスタッドをH鋼に直接溶接し、スタッド本数も片側2本以上であるため、回転疲労試験と直接比較することには無理があると考えられる。そこで、板厚6mmの鋼板にスタッド一本を溶接し、H鋼に一体化させて押抜き疲労試験を行った。回転の影響を考察するため、その結果も図-6に示す。

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 PCシリーズは最大応力振幅は約1.9倍増加すること、さらに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。
- ② PVシリーズは一方向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 回転せん断力を受けると疲労亀裂発生後の亀裂進展速度は早くなる。

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。

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

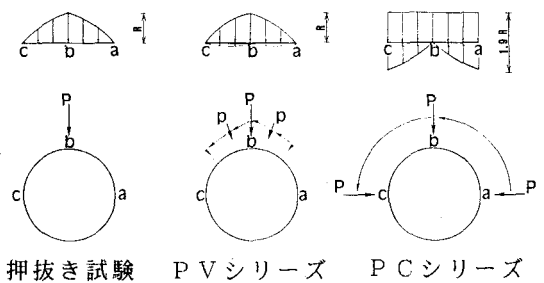


図-4 最大応力展開図

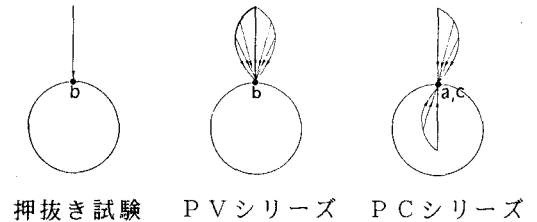


図-5 応力履歴

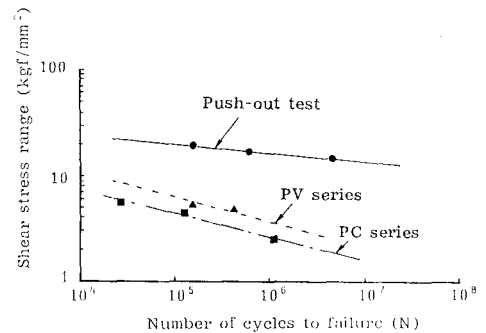


図-6 S-N図