

鋼床版箱桁橋のブラケット控え材溶接部に生じた疲労き裂の発生と進展に及ぼすねじりの影響

名城大学大学院 学生会員 ○早川 伯彦
河海大学 王 益遜

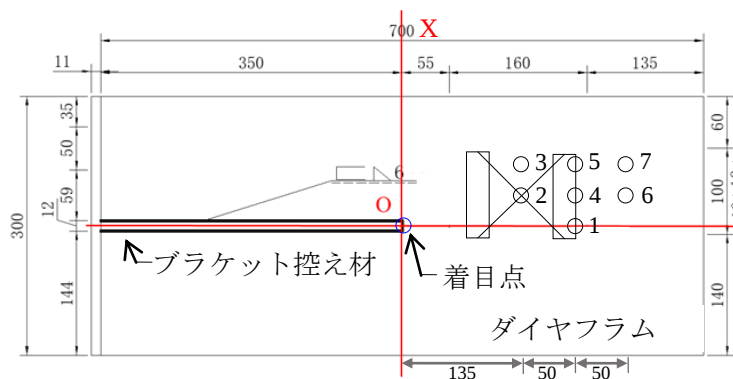
名城大学	フェロー	葛 漢彬
河海大学		傅 中秋

1. 序論

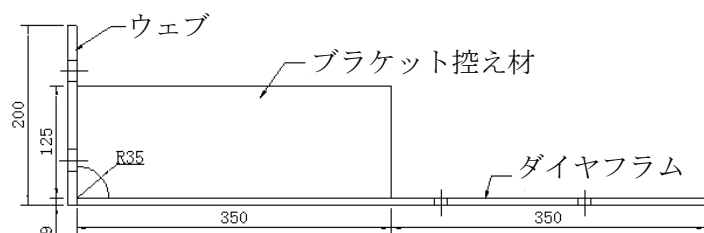
長年、鋼床版箱桁橋は設計の自由度が高いことや軽量であることから、曲線橋などに多く採用されてきた。しかし、近年では、大型車交通量の増加などにより、多くの疲労損傷が発見されている¹⁾。本研究で対象とする都市高速道路の鋼床版箱桁曲線橋では、特にブラケット控え材とダイヤフラムの溶接部において疲労き裂が多数確認された。その原因の1つとして、ダイヤフラムの面外変形によって引き起こされる溶接部のねじりが考えられる。そこで本研究では、部分供試体における疲労実験およびFEM解析により検討を行う。

2. 実験的検討

本実験では、河海大学の板曲げ振動疲労試験機²⁾を使用し、疲労実験を行った。図-1 に実験供試体を示す。供試体は実構造物と同一寸法とし、鋼種は中国鋼材 Q345qD (JIS 規格：SM490 相当) を使用した。境界条件は、ウェブ側を完全固定とする。載荷位置は、図-1 (a) に示すように 7 箇所と変動させ、どの載荷位置でも溶接部から Y 軸方向に 10mm 離れた箇所に設置したひずみゲージで 100MPa となるように、試験機の荷重の大きさを決定した。写真-1 に載荷位置 2 と 3 のき裂進展挙動を示す。載荷位置が Y 軸から遠ざかる（以下、偏心率が大きくなると称す）ほど、き裂は斜めに進展した。これは、対象区間における実構造物で発生したき裂も載荷位置 3 の場合とほぼ同様の挙動を示しており、ダイヤフラムの面外変形によるねじりが影響していることが確認できる。さらに、図-2 に載荷位置の違いによるき裂長さサイクル数の関係を示す。ここで、Y 軸が同一のものを比較しており、き裂発生初期段階に着目している。図-2 (a) ~ (c) のいずれにおいても、偏心率が大きくなるほど、き裂発生が早いことが分かる。このことから、ねじりが大きくなるほど、き裂発生が早くなることが考えられる。



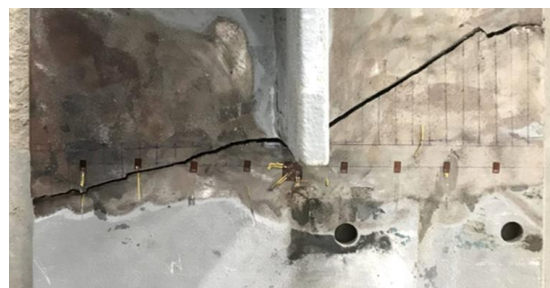
(a) 断面方向図および載荷位置（載荷位置 2 の場合）



(b) 横方向図



(a) 載荷位置 2 の場合



(b) 載荷位置 3 の場合

写真-1 疲労き裂進展挙動

図-1 実験供試体図面 (単位: mm)

キーワード 鋼床版, 疲労き裂, 疲労実験, ねじりの影響

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342

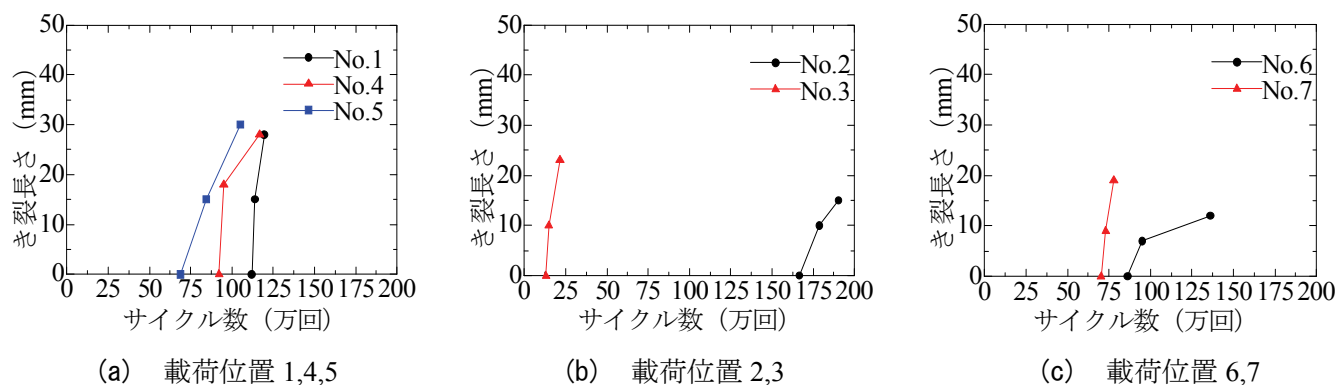


図-2 き裂長さとサイクル数の関係

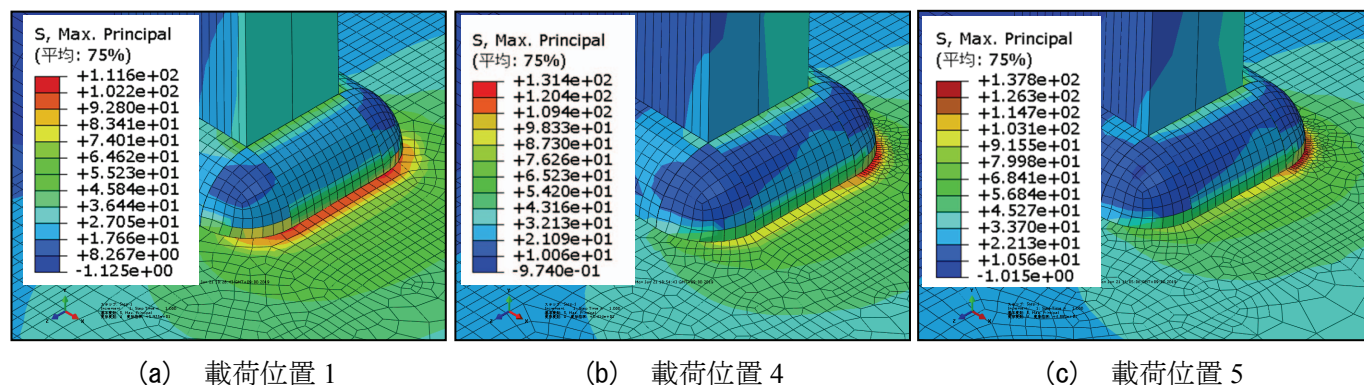


図-3 溶接部の最大主応力コンター図

3. 解析的検討

本解析では、汎用有限要素解析ソフト ABAQUS を使用し静的解析を行った。解析モデルは実験供試体と同一寸法とし、ヤング率は 206GPa、ポアソン比は 0.3 とした。境界条件は実験と同様とし、荷重方法は疲労試験機の荷重箇所には圧力荷重を使用した。要素タイプは、ソリッド要素 (C3D8R) を使用し、メッシュは溶接部周りを $1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 1\text{mm}$ に分割した。図-3 に荷重位置 1, 4, 5 の溶接部最大主応力コンター図を示す。荷重位置 1 と比べ 4, 5 の場合では応力集中位置が偏っていることが分かる。これは実験において、偏心率が大きくなるにつれ、き裂発生箇所が中心から外側に移動していることが確認されており、実験における応力集中箇所を模擬できていることが分かる。さらに、荷重後のモデル全体の変位を抽出すると、全体でねじれていることが確認でき、これらの原因からき裂が斜めに発生していると考えられる。また、応力集中箇所における最大主応力は、偏心率が大きくなるにつれて大きくなることが分かり、き裂発生が早くなる原因であると考えられる。偏心率が大きくなると、着目点にはねじりが生じることで疲労き裂は発生しやすくなることが考えられる。以上のことから、ダイヤフラムの面外変形によるねじりはブラケット控え材の溶接部の疲労き裂発生に影響を与えることが分かった。

4. 結論

本研究では、ダイヤフラムの面外変形によるねじりがブラケット控え材溶接部に与える影響を検討した。疲労実験および FEM 解析から以下の知見を得た。

- 1) き裂発生位置や応力集中箇所は偏心率が大きくなるにつれて外側に移動することから、き裂発生および進展が斜めになり、ダイヤフラムの面外変形によるねじりの影響があると考えられる。
- 2) また、ねじりの影響が大きくなり着目点における応力集中が大きくなることで、き裂発生が早くなることが分かった。

参考文献：1)土木学会鋼構造シリーズ 19：鋼床版の疲労，2010. 2)山田健太郎，小菌江朋亮，小塩達也：垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労実験，鋼構造論文集 Vol.14, No.55, pp.1-8, 2007.9.