

SFRC 補強後に発見されたビード貫通き裂の補修方法検討

首都高速道路（株）    正会員    ○日名    誠太    正会員    平野    秀一

（一財）首都高速道路技術センター    正会員    平山    繁幸

1. はじめに

鋼床版デッキとトラフリブ溶接部の疲労損傷対策として、平成 19 年度より SFRC 舗装による補強を行っている。しかし、平成 23 年以降の定期点検において SFRC 舗装を敷設した鋼床版橋にて、新たに多数のビード貫通き裂が報告されている。本稿では、SFRC 補強後に発生したビード貫通き裂の補修方法としての貫通孔の有効性を、追跡点検及び詳細調査により検討した結果を報告する。

2. 貫通孔の有無による追跡点検

SFRC 後のビード貫通き裂に対する貫通孔の有効性の確認を目的に、貫通孔の有無で追跡点検を行った。

これまでに報告されているビード貫通き裂数を表-1 に示す。これらの内、貫通孔等の補修を行っていないき裂（以下、貫通孔未施工き裂）で 36 き裂、補修工法として貫通孔を施工したき裂（以下、貫通孔施工き裂）で 48 き裂を選定し、追跡点検を行った。

貫通孔施工き裂の追跡点検は、き裂先端に施工された貫通孔（1 き裂に対し、2 箇所）を対象に、貫通孔孔壁のき裂進展側で磁粉探傷試験を行い、溶接ルート部からのき裂再発の有無を確認した（図-1）。

追跡点検によりき裂の進展・再発が確認された事例とき裂進展性状について整理した結果をそれぞれ図-2、表-2 に示す。貫通孔未施工き裂では 11 き裂でき裂が進展しており、き裂長さが短い場合においてもき裂が進展する可能性があることがわかる。貫通孔施工き裂では 48 き裂（貫通孔 96 箇所）の内、3 き裂（5 箇所）でき裂の再発が確認された。図-2（a）では SFRC 補強を行う 5 か月前に貫通孔を施工しているが、貫通孔施工後の初回点検時にき裂の再発が確認された事例である。その後 2 度追跡点検を行っているがき裂の進展は見られていないことから、SFRC を施工するまでの期間で再発した可能性があると考えられる。図-2（b）では貫通孔施工後の初回追跡点検時でき裂の再発が確認された。SFRC 後に貫通孔を施工したものでき裂の再発が確認された事例はこの 1 件のみで、き裂はブローホール等を起点とした内在き裂である可能性が高いと考えられる。

追跡点検を行ったき裂の内、E 橋で発見されているき裂について貫通孔施工前後で追跡点検を行った。貫通孔施工から 2 年後の追跡点検にてき裂の進展（再発）は確認されておらず、長いき裂に対しても貫通孔が有効であることがわかる。

追跡点検結果を踏まえ、貫通孔の有無によるき裂進展性状について整理した結果を表-2 に示す。ここではき裂進展長を進展期間で除して求めたき裂進展速度を用いて、貫通孔の有無によるき裂進展性状を評価した。貫通孔未施工き裂、貫通

表-1 SFRC 補強前後のビード貫通き裂発生状況

|       | 発見されたビード貫通き裂 |          |
|-------|--------------|----------|
|       | SFRC 施工前     | SFRC 施工後 |
| 東京地区  | 1,036        | 154      |
| 神奈川地区 | 210          | 71       |

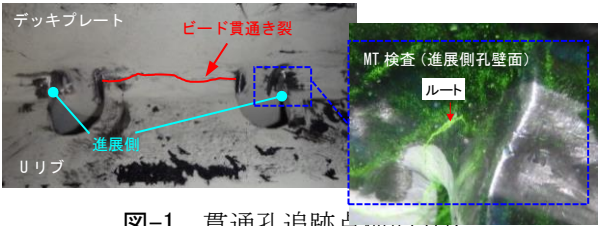
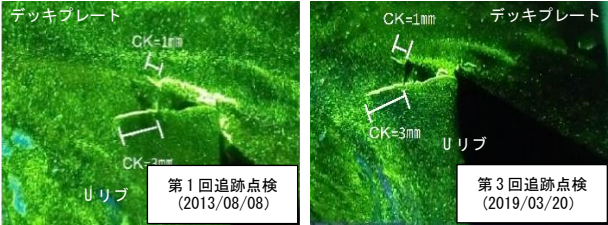


図-1 貫通孔追跡点検イメージ



(a) SFRC 補強前に貫通孔を施工した事例（G 橋-①）



(b) SFRC 補強後に貫通孔を施工した事例（H 橋）

図-2 追跡点検でき裂の再発が見られた事例

表-2 貫通孔の有無によるき裂進展速度  
(a) 貫通孔未施工き裂

| 橋梁名           | 初期<br>き裂長<br>(mm) | 経過<br>年数<br>(年) * | き裂<br>進展長<br>(mm) | 進展<br>期間<br>(年) | き裂進展<br>速度<br>(mm/年) |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| A 橋           | 21                | 3.5               | 1.0               | 0.5             | 2.0                  |
| B 橋-①         | 255               | 3.7               | 1.0               | 0.8             | 1.3                  |
| B 橋-②         | 90                | 3.9               | 2.0               | 0.8             | 2.5                  |
| B 橋-③         | 58                | 7.1               | 9.0               | 1.9             | 4.7                  |
| C 橋           | 102               | 4.5               | 7.0               | 1.8             | 3.9                  |
| D 橋           | 221               | 3.5               | 10.0              | 1.3             | 7.7                  |
| E 橋           | 448               | 2.7               | 4.0               | 0.3             | 13.3                 |
| F 橋-①         | 150               | 1.8               | 5.0               | 1.6             | 3.1                  |
| F 橋-②         | 162               | 1.9               | 59.0              | 2.0             | 29.5                 |
| F 橋-③         | 360               | 1.9               | 24.0              | 2.0             | 12.0                 |
| F 橋-④         | 40                | 0.8               | 0.5               | 1.6             | 0.3                  |
| 平均進展速度 (mm/年) |                   |                   |                   |                 | 7.3                  |

※経過年数=SFRC 施工日からき裂発見までの期間

(b) 貫通孔施工き裂

| 橋梁名           | 初期<br>き裂長<br>(mm) | 経過<br>年数<br>(年) * | き裂<br>進展長<br>(mm) | 進展<br>期間<br>(年) | き裂進展<br>速度<br>(mm/年) |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| G 橋-①         | 839               | —                 | 5.0               | 6.4             | 0.8                  |
| G 橋-②         | 270               | —                 | 5.0               | 6.8             | 0.3                  |
| H 橋           | 475               | 4.5               | 2.0               | 3.0             | 0.7                  |
| 平均進展速度 (mm/年) |                   |                   |                   |                 | 0.6                  |

※経過年数=SFRC 施工日から貫通孔を施工するまでの期間

キーワード 鋼床版, SFRC, ビード貫通き裂, 補修

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路株式会社 保全・交通部 TEL 03-3539-9546

孔施工き裂について、それぞれのき裂のき裂進展速度を算出し、その平均値を両者の平均き裂進展速度とした。貫通孔未施工き裂の平均き裂進展速度が7.3mm/年であるのに対し、貫通孔施工き裂は0.6mm/年と貫通孔により大幅にき裂進展速度を低減しているのわかる。

上記の検討から、貫通孔未施工き裂では約3割でき裂が進展しており、き裂の進展速度も速い傾向が得られた。また同一き裂を対象に貫通孔施工前後で追跡点検を行った結果、貫通孔施工後にき裂の進展が見られないことから、SFRC後のビード貫通き裂の補修には貫通孔が有効であると言える。

### 3. き裂発生要因の調査

#### (1) 溶接状態がき裂発生に及ぼす影響

貫通孔施工き裂（48き裂）を対象に、貫通孔壁面でマクロ試験を行い、溶込量等を調査した結果を図-3に示す。なお、溶込量をリブ板厚で除して算出した値を溶込率としている。き裂再発箇所をソリッドマークで示すが、き裂が再発した箇所は一般部のみであった。き裂長さと溶込率に相関は見られず、またき裂発生位置による差異も見られなかった。

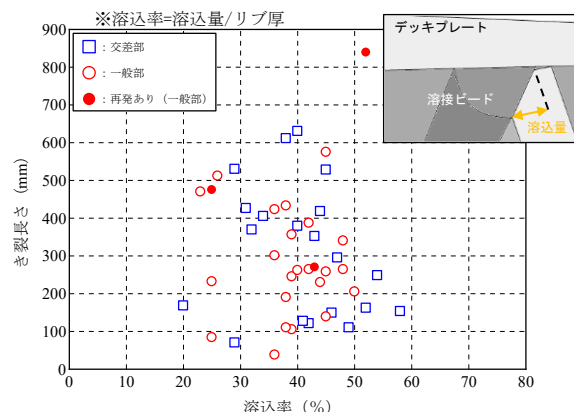
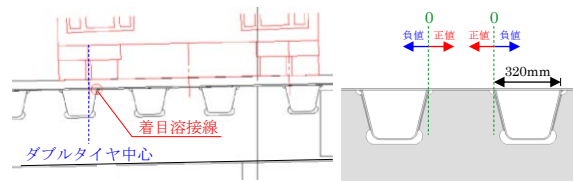
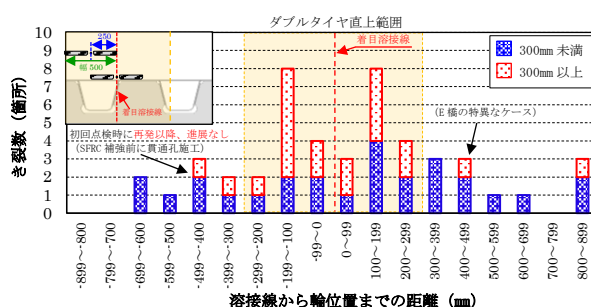


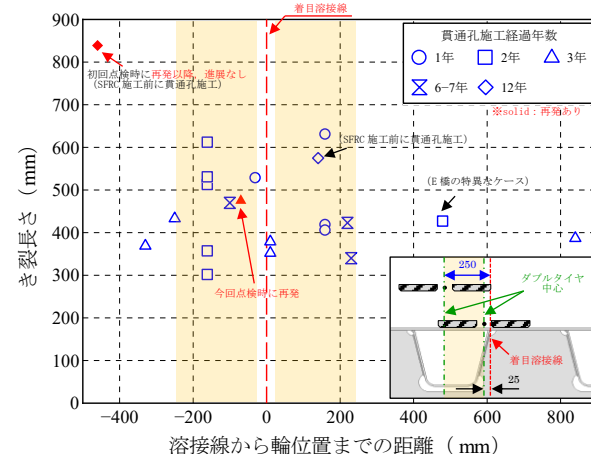
図-3 き裂長さと溶込率の関係



(a) 計測位置 (b) 計測方法  
図-4 輪位置と溶接線の距離



(a) 輪位置と溶接線の距離（48き裂）



(b) 輪位置と溶接線の距離（300mm以上）

図-5 輪位置がき裂発生に及ぼす影響

#### (2) 輪位置がき裂発生に及ぼす影響

貫通孔施工き裂（48き裂）について、輪位置と溶接線の間隔を整理した。車両は断面図上の幅員中心（標準走行位置）を通ると仮定し、ダブルタイヤ中心とき裂発生溶接線の距離をCAD上で計測した（図-4）。

CAD上で計測した溶接線から輪位置までの距離で整理した結果を図-5(a)に示す。着目溶接線上に幅500mmのダブルタイヤが載る範囲をダブルタイヤ直上範囲として整理すると、ビード貫通き裂はダブルタイヤ直上範囲に多く、き裂長さが300mm以上のき裂の8割がダブルタイヤ直上範囲で発生する傾向が見られた。

き裂長さ300mm以上のき裂に着目し、溶接線から輪位置までの距離で整理した結果を図-5(b)に示す。着目溶接線上に必ずダブルタイヤの片輪が載る直上載荷となる範囲（25～250mm）でき裂が多く発生する傾向が見られた。また、600mm、800mm程度のき裂においても12年経過しているが、き裂の進展は見られなかった。

### 4. まとめ

貫通孔の有効性を追跡点検、詳細分析により検討した。以下に、検討結果を示す。

- 1) 同一き裂を対象に貫通孔施工前後で追跡点検を行った結果、貫通孔未施工時では3ヶ月の間に4.0mmのき裂進展が確認されたが、貫通孔施工後にき裂の進展は見られなかった。
- 2) 実橋において、貫通孔施工後であればき裂長さ600mm程度においてもき裂の再発は見られていない。ただし、現状では事例が少ないため、継続した点検による知見の蓄積が必要である。
- 3) き裂長さ400mm未満では貫通孔施工後のき裂の再発は確認されていない。

### 5. SFRC補強後に発見されたビード貫通き裂の補修方法

検討結果を踏まえ、SFRC補強後に発生したビード貫通き裂の補修方法として、SFRC後であれば貫通孔処理でも効果があることがわかった。なお、き裂長さ400mm以上の場合には貫通孔施工後に追跡点検（1年、3年、5年）による監視や、き裂の再発が確認された場合には、切削除去や追跡点検期間の延長など、個別に対応とする必要があると考える。