

# ウォータージェットで界面処理した断面修復 RC 梁の疲労試験

木更津高専 学生会員 ○棚倉 永允 竹内 康彦 西山 勇一  
東電工業(株)正会員 鈴木 正志  
木更津高専 正会員 黒川 章二 嶋野 慶次

## 1. はじめに

近年, 構造物からのコンクリートやモルタルの剥離, 落下が危険視されている. 対策として構造物を診察し, 剥離の可能性があるとは診断されたコンクリートやモルタルを除去し, 鉄筋の錆や応力を検査し, 補修あるいは補強をしなければならない. 鉄筋が腐食している場合に用いられる断面修復工法において, 性能に優れた修復材を用いても耐久性能は修復界面の処理結果に左右されると考えられる. ウォータージェットによる界面処理には, 弱い部分の除去, 完全な清浄が期待できる. そこで, ウォータージェットで表面処理して断面修復を行った RC 梁, ワイヤブラシでブラッシングしながら水洗いして断面修復をした RC 梁について曲げ疲労試験を行い, ウォータージェットによる界面処理の効果を検証した.

## 2. 供試体および実験方法

供試体は幅 150mm, 高さ 240mm, 長さ 2200mm の RC 梁である(図-1). 図-1 の斜線部分が断面修復部である. 材齢 28 日に削岩機によるはつり出し, ウォータージェットによる表面処理を行った. はつり深さは 55mm と 70mm の 2 種類とした. 供試体記号とその特徴を表-1 に示す. 修復材の物性は表-2 に示す通りである.

表-1 供試体記号とその特徴

| 記号   | はつり深さ(mm) | 界面処理      | 修復材  |
|------|-----------|-----------|------|
| SJ70 | 70        | ウォータージェット | Sタイプ |
| NJ70 | 70        | ウォータージェット | Nタイプ |
| SW55 | 55        | ワイヤブラシ・水洗 | Sタイプ |
| SJ55 | 55        | ウォータージェット | Sタイプ |
| NJ55 | 55        | ウォータージェット | Nタイプ |

表-2 修復材の物性

| フィルコン-SNの物性   |       |                          |                       |
|---------------|-------|--------------------------|-----------------------|
| 物性値           |       | Sタイプの試験値                 | Nタイプの試験値              |
| 圧縮強度(養生温度20℃) | 材令1日  | 24.5N/mm <sup>2</sup>    | 10.2N/mm <sup>2</sup> |
|               | 材令7日  | 45.8N/mm <sup>2</sup>    | 42.5N/mm <sup>2</sup> |
|               | 材令28日 | 56.0N/mm <sup>2</sup>    | 50.8N/mm <sup>2</sup> |
| 曲げ強度(養生温度20℃) | 材令7日  | 6.0N/mm <sup>2</sup>     | 3.82N/mm <sup>2</sup> |
|               | 材令28日 | 8.2N/mm <sup>2</sup>     | 5.00N/mm <sup>2</sup> |
| 付着強度(養生温度20℃) |       | 25~30N/mm <sup>2</sup>   | 3.00N/mm <sup>2</sup> |
| 熱膨張係数         |       | 100~110×10 <sup>-6</sup> | 11.4×10 <sup>-6</sup> |
| 28日長さ変化率      |       | -484×10 <sup>-6</sup>    | -484×10 <sup>-6</sup> |
| 凍結解凍に対する抵抗性   |       | 300サイクル異常な               | 300サイクル異常な            |

フィルコン-S は吹き付け用に, フィルコン-N は左官仕上げ用に開発された補修用モルタルである. コンクリートの示方配合を表-3 に示した. 使用鉄筋は全て SD295A で主鉄筋に D19, スターラップ, 組み立て鉄筋に D6 を使用した.

表-4 に示すような上限荷重および下限荷重で, 200 万回載荷までの低荷重疲労試験を行い, それに引き続き破壊までの高荷重疲労試験を行った. 繰り返し荷重は, 図-1 に示す 2 点載荷で 4.2Hz の正弦波荷重である. 上限荷重は, 断面修復をしない通常の RC 梁の終局荷重実験値に対して, 低荷重疲労試験では 50%, 高荷重疲労試験では 70% である. 修復部の鉛直界面を跨いで下縁の位置に装着した  $\pi$  型変位計により界面のひびわれ幅を測定した. 疲労試験開始前および低荷重疲労試験後に行った上限荷重までの静的載荷試験時, 疲労破壊後に倍率 20 倍の光学的クラック計によりひびわれ観測を行った.

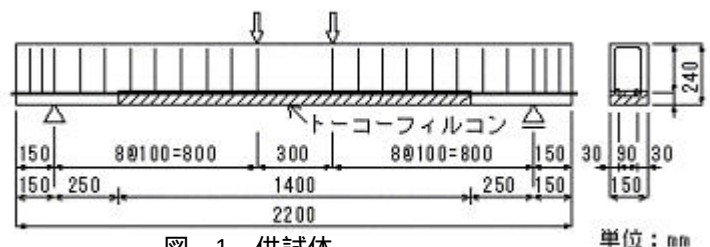


図-1 供試体

表-3 コンクリートの示方配合

| 粗骨材の最大寸法 (mm) | スラフ (mm) | 空気量 (%) | 水セメント比 W/C (%) | 細骨材比 S/a (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |        |       |       |       |
|---------------|----------|---------|----------------|--------------|--------------------------|--------|-------|-------|-------|
|               |          |         |                |              | 水 W                      | セメント C | 細骨材 S | 粗骨材 G | 減粘剤 A |
| 20            | 8        | 4.5     | 60.1           | 42.8         | 155                      | 258    | 798   | 1110  | 0.645 |

コンクリートの種類: 普通 呼び強度: 20N/mm<sup>2</sup>、セメントの種類: 早強ポルトランドセメント

キーワード 鉄筋コンクリート, 断面修復, ウォータージェット, 疲労試験

連絡先 〒292-0041 木更津市清見台東 2-11-1 木更津高専 TEL0438-30-4156 E-mail: ckuroka@minato.kisarazu.ac.jp

表 - 4 疲労試験载荷重と疲労寿命

| 供試体                                 | 低荷重疲労試験   |           |            | 高荷重疲労試験   |           |           |
|-------------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                                     | 上限荷重 (kN) | 下限荷重 (kN) | 備考         | 上限荷重 (kN) | 下限荷重 (kN) | 疲労寿命 (万回) |
| SJ 70                               | 47.2      | 4.7       | 200万回車荷後中止 | 66.1      | 5.0       | 30.00     |
| NJ 70                               | 47.2      | 4.7       |            |           |           |           |
| SW 55                               | 47.2      | 4.7       |            | 66.1      | 5.0       | 30.92     |
| SJ 55                               | 47.2      | 4.7       |            | 66.1      | 5.0       | 57.08     |
| NJ 55                               | 47.2      | 4.7       |            |           |           |           |
| U 55は 1152万回でNJ 70は 1422万回で低荷重疲労で破壊 |           |           |            |           |           |           |

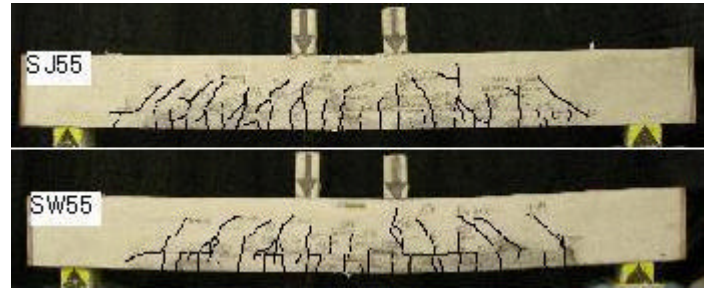


図 - 2 ひびわれ性状図

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 ひびわれ性状

図-2のように、ブラシで処理したSW55において水平界面にせん断ひびわれが多く発生しているが、ウォータージェット処理のSJ55においてはそのようなひびわれの発生は見られなかった。これはウォータージェット処理により界面の一体化が強化されたことによると考察される。

#### 3.2 垂直界面の変位測定

図-3及び図-4は、 $\pi$ 型変位計により、繰り返し荷重作用中に計測した計測スパンの下限荷重から上限荷重までの伸縮量振幅である。伸縮量は、ひびわれ幅に比べて弾性変形量が極めて小さいと仮定すれば、下限荷重も小さいので、表面コンクリートのひびわれ幅と見なすことができる。

供試体のかぶりが30mmのため、許容ひびわれ幅は、一般の環境の場合に0.15mm、腐食性環境の場合に0.12mm、特に厳しい腐食性環境の場合に0.105mmである<sup>1)</sup>。低荷重疲労試験の場合の伸縮量振幅と繰り返し回数との関係を示す図

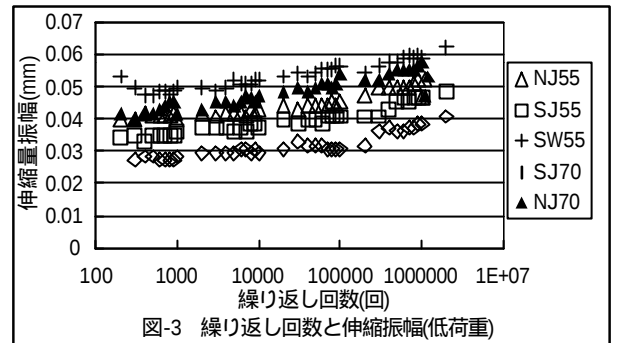


図-3 繰り返し回数と伸縮振幅(低荷重)

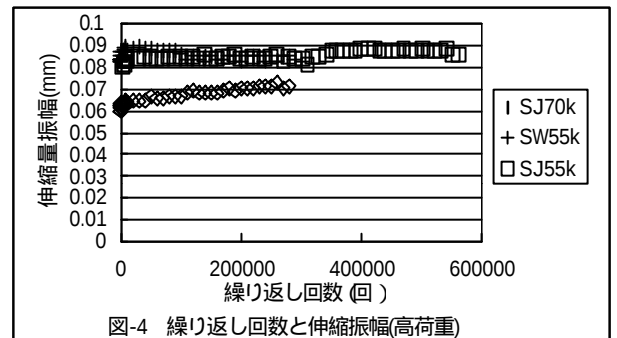


図-4 繰り返し回数と伸縮振幅(高荷重)

-3によれば、全ての場合に荷重繰り返し回数の増加につれてひびわれ幅が拡大する傾向を示したが、200万回までの載荷におけるそれぞれのRC梁の最大ひびわれはSJ70で0.041mm, NJ70で0.058mm, SJ55で0.049mm, NJ55で0.052mm, SW55で0.063mmであり、許容ひびわれ幅よりもかなり小さい値である。終局荷重の50%までの繰り返し載荷に対して有害ひびわれの問題はないといえる。

高荷重疲労試験において、はつり深さが55mm場合に終局に至るまでひびわれ幅が一定である。はつり深さが70mmの場合に荷重繰り返し回数の増加につれてひびわれ幅は拡大している。いずれの場合も破壊直前まで、ひびわれ幅が許容値よりもかなり小さい値で推移した。有害ひびわれは生じにくいといえる。

ひびわれ幅を補修材のタイプ別に見てみると、フィルコン-Sははつり深さ70mmおよび55mm共にフィルコン-Nに比べひびわれが小さいことがわかる。これは、施工時でのフィルコン-Sの密着性の良さによるものと推察される。また、処理方法別に見ると、ウォータージェットを使用した場合は、ブラシで水洗いした場合に比べひびわれ幅が小さいことがわかる。

#### 4. まとめ

ウォータージェットによる界面処理により、垂直界面のひびわれの抑制ができ、水平界面のひびわれの発生は見られず、修復材の剥離は生じないことが確認された。また、垂直界面のひびわれ幅から判断して、フィルコン-Sおよびフィルコン-Nのいずれも修復材として優れた疲労性能をもつといえる。

#### 参考文献

- 1) 土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 2002.3 pp.94～99