

ゴム引布の疲労損傷特性に関する実験的検討 Experimental study on fatigue damage property of fiber reinforced rubber

○川邊 翔平, 浅野 勇, 森 充広, 川上 昭彦

KAWABE Shohei, ASANO Isamu, MORI Mitsuhiro and KAWAKAMI Akihiko

1. はじめに

農業水利施設である頭首工の一つにゴム引布製起伏堰（以下「ゴム堰」という）がある。ゴム堰の損傷形態は、転石等流下物による損傷、ゴム袋体継ぎ目の剥離など多岐にわたる。本稿では、ゴム堰の損傷形態の内、接合部の剥離などのゴム袋体に使用されるゴム引布の力学的特性に依存する損傷形態に着目した。力学的に弱点となりやすいゴム引布の接合部を主たる対象とした疲労試験（繰返し載荷試験）と破壊特性について報告する。

2. 実験概要

試験に用いたゴム引布の概要を Fig. 1 に示す。Fig. 1 上段は使用した引布の接合部の写真である。ゴム層として EPDM（エチレンプロピレンジエンゴム）、補強繊維としてナイロン（補強繊維層数 3ply+1）から成る。外層ゴムにはブレーカー（流下物に対する損傷防止対策としての補強用織布）がある。設計強度は 500N/mm、厚さ 15.7mm である。Fig. 1 下段は、補強繊維の継ぎ（切れ目）の位置（Fig. 1 上段枠内）の模式図である。供試体は Fig. 2 に示すダンベル 4 号変形型とし、継ぎが供試体の中央（くびれ部）となるように切り出して作製した。疲労試験は変位速度一定（5mm/min）で、繰返し応力の平均応力を一定とし、繰返し応力両振幅を供試体ごとに変えた。試験は室温 20℃、RH50%の雰囲気下で行った。なお、最大繰返し回数は 2 万回とし、破断しない場合は試験を終了した。

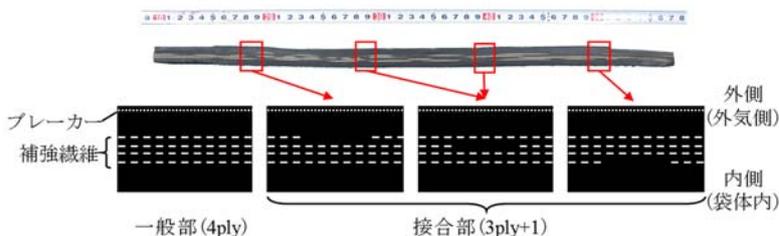


Fig. 1 使用したゴム引布の概要
Fiber reinforced rubber used in this study

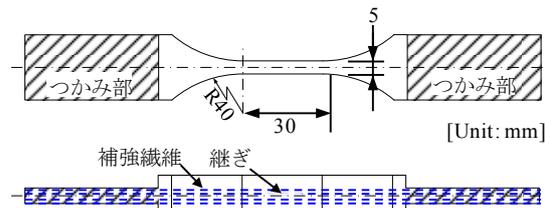


Fig. 2 供試体寸法
Size of specimen

3. 結果と考察

SN 線図：Fig. 3 に疲労試験結果（SN 線図）を示す。縦軸は作用させた応力の両振幅、横軸は破断に要した繰返し回数である。繰返し回数が 2 万回に達したデータは括弧で示してある。

中間応力 250N/mm の一般部と接合部を比較すると、一般部の方が上方に位置する傾向がある。つまり、一般部の方が疲労に対する抵抗性（繰返し載荷に対する変形性）が高いことがわ

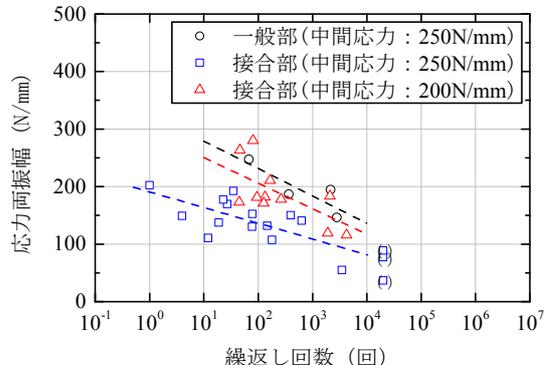


Fig. 3 疲労試験結果 (SN 線図)
Results of fatigue test (S-N curves)

(国研)農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：ゴム堰, ゴム引布, 疲労試験

かる。これは、ゴム引布の強度が補強繊維に大きく依存し、一般部の方が载荷重を受け持つ補強繊維の層数が多いためと推測する。

接合部において、中間応力を変えた場合には、中間応力が小さい方が上方に位置する傾向がある。これは、応力両振幅が同じ場合、中間応力が小さい方が繰返し载荷中の応力レベルが強度に対して小さいためであると考えられる。

なお、ゴム堰が受ける繰返し载荷作用としては、起伏倒伏の繰返し、起伏（あるいは倒伏時）に波浪や越流水等によって生じる振動などが考えられる。しかしながら、本実験で行った中間応力が実際のゴム袋体に常時作用する応力に比べて大きいこと、設計に際してゴム引布に対して高い安全率（8 程度）を乗じていることから、通常運用下での疲労破壊は生じにくいと考えられる。

疲労破壊形態：前述のとおり、ゴム引布において荷重を受け持つのは補強繊維であり、**Fig. 3** に示したデータは、補強繊維破断時の値である。しかしながら、継ぎの位置が外側にある場合のみは、継ぎが中間あるいは内側にある場合、および一般部とは補強繊維破断に至るまでの破壊形態が異なった。**Fig. 4** は繰返し回数、N における最大応力での供試体中央の写真である。3 本の水平線は試験前に供試体には書き込んだ標線である。目視確認できた加硫跡（ゴム接着の境界）を破線で示した。この試験では N=93 回で破断に至ったが、試験開始後比較的早い段階から加硫跡に沿って外層ゴムの引裂け破壊が生じた。裂け目の先端を矢印で示した。裂け目は外層に向かって進展し、次第に外側の補強繊維と中間層ゴムのはく離が徐々に生じた。つまり、実際のゴム袋体において、摩耗等によって外層ゴムが減肉するなどしていた場合には、外層ゴム加硫跡を起点として同様の引裂け破壊（せん断剥離破壊、**Fig. 5**）が生じる可能性がある。ただし、ゴム堰の規模にもよるが実働応力は 10–60N/mm 程度なので、摩耗が生じている、あるいは局所的に大きな負荷が作用している箇所でない限りは、実際のゴム堰でこのような破壊が生じる可能性は低いと考えられる。

4. まとめ

ゴム引布の疲労試験を実施した。補強繊維の継ぎがある接合部は一般部に比べて疲労に対する安定性が低い傾向がある。また、加硫跡が起点となって破壊

が生じる可能性がある。ただし、常時の作用応力下では破壊する可能性は低いと考えられる。

<参考文献> 1) ゴム引布製起伏堰施設技術指針，農林水産省。
2) ゴム引布製起伏堰及び鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）のゴム袋体に関する技術資料，一般財団法人国土技術研究センター，2016.1.

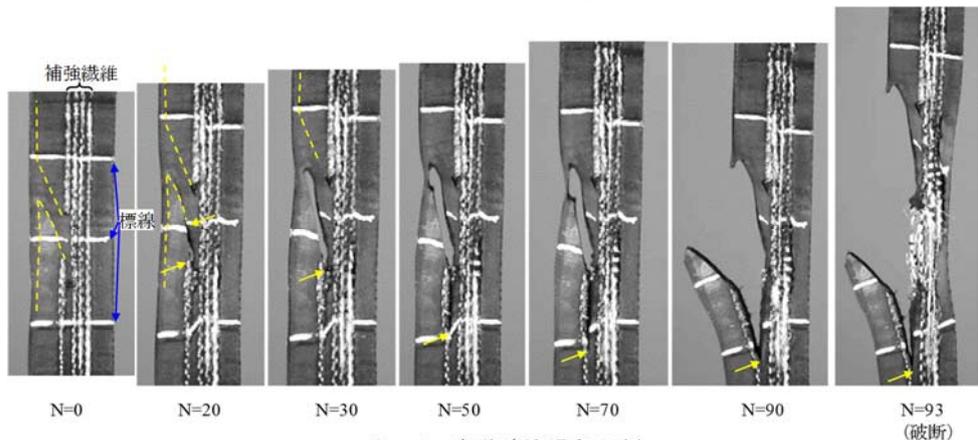


Fig. 4 疲労破壊過程の例
Example of fatigue failure process

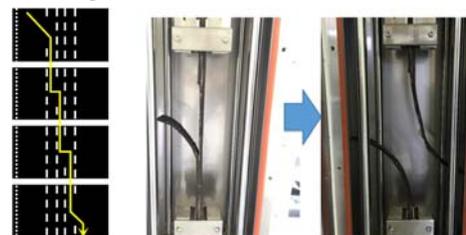


Fig. 5 せん断剥離破壊
Shear-peel failure