

## ゴム引布製起伏堰のゴム袋体の損傷対策に関する基礎的検討

土木研究所 正会員 ○中村 崇 土木研究所 正会員 新田 弘之 土木研究所 正会員 百武 壮  
土木研究所 正会員 藤野 健一 土木研究所 非会員 上野 仁士 土木研究所 非会員 伊藤 圭

### 1. はじめに

河川構造物のひとつに治水、取水、潮止め等を目的としたゴム引布製起伏堰（以下ゴム堰と呼ぶ）がある。ゴム堰は、チューブ状のゴム袋体を空気の入出力により起伏させる堰であり、国内で広く普及している。国土交通省所管のゴム堰は径間約 15m 以上の大型のものが多く、耐用年数は 30 年以上として設計・運用されている場合もある。そのため、それらのゴム堰の安全で長寿命に向けた適切な維持管理手法の確立が求められている。

ゴム袋体の損傷形態は多義にわたるため、本研究では現時点で考えられる損傷形態・モードの分類を行った。つぎに、それらの損傷形態のうちクリープ損傷と疲労損傷に着目し、それらの損傷モード下での余寿命予測手法を検討した。そして、クリープ損傷の累積損傷則を検討するため、現地調査により実働応力を推定するためのひずみ調査を行った。その上でゴム袋体に用いられるゴム引布のクリープ破断試験を行った。

### 2. ゴム袋体の損傷形態の分類

図-1 にゴム堰の起立時の一例を示す。ゴム堰は、ゴム引布と呼ばれるナイロン等の繊維で補強されたゴムを袋状に成形したもので、その袋体はコンプレッサによる空気の入出力で起立・倒伏が行われる。図-2 に主に国土交通省所管のゴム堰の損傷事例を調査し整理した袋体に生じ得る故障モードの分類を示す。本報告ではこれらのうち、まずクリープと疲労損傷に関係するものについて検討を行った。



図-1 ゴム堰の概観例

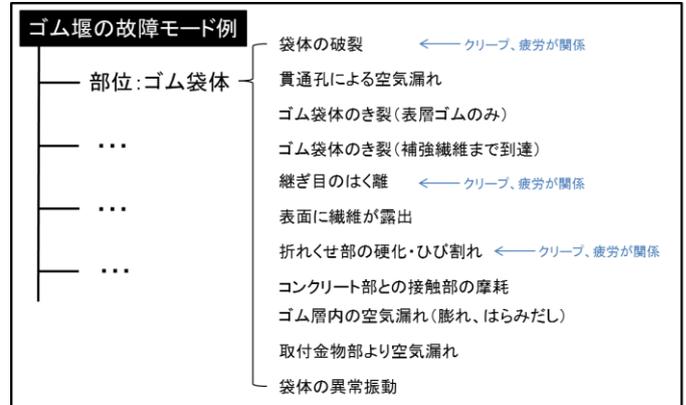


図-2 袋体の実際の損傷形態

### 3. 余寿命予測

袋体のいくつかの損傷モードのうちで、クリープ損傷と疲労損傷が関係するものに注目し、それらの破壊モードにより袋体が損傷する場合の余寿命予測方法を考える。クリープ・疲労相互作用を受ける材料の余寿命を推定する最も簡単な方法として、クリープ損傷  $\phi_c$  と疲労損傷  $\phi_f$  の線形和が 1 に達したときに破損するとする線形累積損傷則に基づく方法がある。

$$\phi_c + \phi_f = \int \frac{dt}{t_f} + \sum \frac{N}{N_f} = 1 \quad (1)$$

クリープ損傷  $\phi_c$  はクリープ損傷寿命  $t_f$  に対するその状態におかれる時間  $\Delta t$  の比の総和である。疲労損傷  $\phi_f$  は一定ひずみ振幅下の疲労寿命  $N_f$  に対する実際の繰返し数  $N$  の比の総和である。条件によっては損傷の線形和が 1 にならない場合があるので適切な安全係数を設定した線形損傷則が用いられる。まず線形累積損傷則のクリープに依る損傷度の検討のため、5 節に示すゴム引布のクリープ破断実験を行った。

### 4. 現地調査

累積損傷則のクリープに依る損傷度を検討するうえで、実際のゴム袋体に発生している実働応力を求

キーワード ゴム袋体、ゴム引布、クリープ、余寿命予測、損傷モード

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 (国研) 土木研究所 材料資源研究グループ

TEL. 029-879-6763 E-mail : t-nakamura55@pwri.go.jp

めることが必要である。そのため、実際のゴム袋体の変形を知り、既知の引布の弾性率等を用いた換算により実働応力を推定するために袋体のひずみを測定した。調査の対象として、運用年数23年、径間42m、堰高2.6mのゴム堰のゴム袋体を測定した。

対象のゴム堰は袋体内部への立ち入りが可能であることから、袋体内部に入りマーカペンにより袋体の表面に10mm間隔で全80mm間に印をつけ、起立時と倒伏時の変形量を定規により測定し、ゴム引布のひずみを求めた。図-3に測定結果を示す。各部位とも袋体の断面円周方向でのひずみを示している。この結果、測定した個所において円周方向に約1~3%程度のひずみが生じていることがわかった。

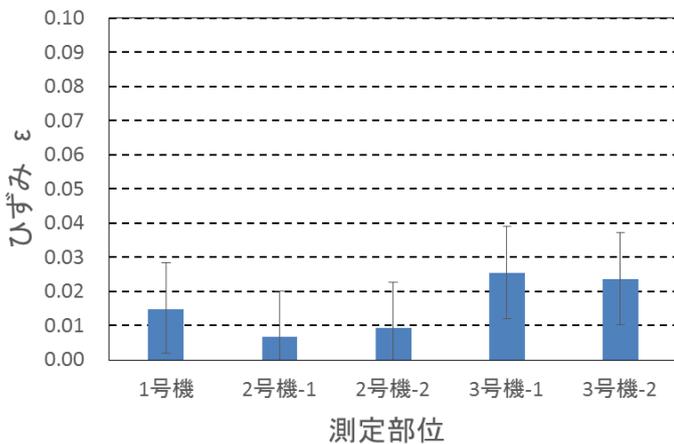


図-3 運用中の袋体のひずみ量測定結果

## 5. クリープ破断試験

ゴム袋体のクリープと疲労による損傷に対する余寿命推定のために、まずクリープ破断試験を行い、式(1)に示した累積損傷則のクリープに依る損傷度を検討した。

実際のゴム袋体より切り出しを行ったゴム引布を用いクリープ破断実験を行った。使用した試験片の緒元は、設計強度500N/mm、補強繊維数3+1ply、厚さ14mmである。また、外寸は500×43mmで20mmのくびれ部を設け試験片中央に引布強度の最弱部である繊維のジョイント部位置するようにし、その部位に破断が生じる試験設定とした。

図-4にクリープ破断試験の結果を示す。点線は水の無い室温・乾燥状態でのクリープ破断実験の結果の近似曲線である。繊維が水に浸かった場合の引布のクリープ寿命の変化を確認するため、室温と40℃での水中での実験も行った。

この結果、今回の材種・試験条件においてではあ

るが、乾燥状態に比べ水環境下でのクリープ寿命はわずかに減少したのみであった。また、4節で得られた実機のゴム袋体のひずみ量(1~3%程度)と袋体の設計強度から概算した弾性率から、実働応力は10~60N/mm程度と予想された。この実働応力については詳細な検討が必要ではあるが、このゴム袋体の設計上の張力は約52N/mmであるので予想値の範囲は妥当なものと考えられる。仮定した値をクリープ破断線図に当てはめると、試験材は材料が健全な状態においてはクリープ破断に対し十分な強度を持つことが示唆された。実働応力を含めクリープ寿命に関しては今後引き続き詳細検討が必要である。

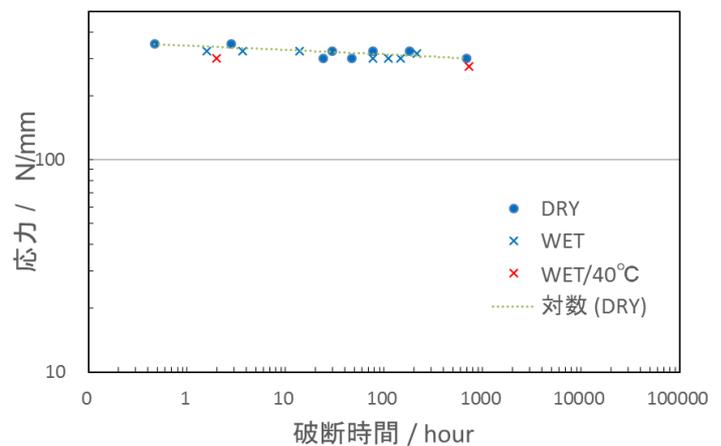


図-4 クリープ破断試験結果

## 6. まとめ

本研究のまとめは以下のとおりである。

- (1)全国のゴム堰袋体の損傷状況について調査を行い、ゴム袋体の故障モードを整理した。
- (2)運用状態のゴム堰袋体に生じている実働応力を推定するため、実際の袋体のひずみ測定を行った結果、断面円周方向に1~3%程度のひずみが測定された。
- (3)今回試験を行ったゴム引布について、現場調査結果より予測した袋体に生じ得る実働応力下において、健全な状態の引布は、クリープのみに起因する損傷に対し十分強度が高いことが示唆された。

以上の結果を踏まえ、正確な余寿命推定のために、今後、多種の材種においてクリープ損傷に加え疲労損傷による累積損傷則の損傷度を検討することが必要である。

## 参考文献

- 1) ゴム引布製起伏堰技術基準(案), 国土開発技術センター, 2000