

有限要素法によるゴム堰用ゴム/繊維複合材の内部応力解析

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

1. はじめに

ゴム堰はチューブ状のゴム袋体を空気や水の入出力により起伏させる堰である。国内では 1967 年に米国より導入され、現在、約 3700 箇所で開催されている。国土交通省所管のゴム堰は、径間約 2～50m、堰高は約 0.5～5m と様々で、供用後 30 年を越えるものもある。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。図-1 にゴム堰の一例を図-2 にゴム袋体に用いられているゴム/繊維複合材のゴム引布の構成について示す。ゴム堰の損傷要因のうち構造材であるゴム引布に関する破壊モードがいくつかある¹⁾。そのうち、強度部材の繊維に継ぎ目を有するゴム引布接合部の内部応力に注目し、繊維層間のゴム部がせん断的に破壊するせん断はく離型破壊の発生機構を考える。ゴム引布接合部の内部応力に関する研究事例は少なく、その複雑な応力場を検討することは、ゴム袋体の損傷メカニズムの考察、ゴム引布の寿命予測、部材の材料設計にも有用である。



図-1 ゴム堰例

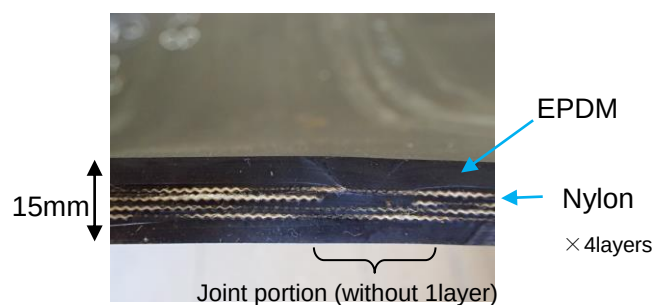


図-2 ゴム引き布断面例

2. 解析方法

ゴム引布の内部応力を確認するため、有限要素法の材料モデルの構築を行った。今回、構成式に超弾性モデル等の複雑なモデルは用いず、複合材の応力場等の概要を把握するための初期解析として線形弾性解析モデルとした。図-3 に接合部を有すゴム引布の FEM モデル形状を示す。この形状は強度試験片のダンベル形状を模した。応力の分析は試験片中心付近の評価区間内で行った。繊維 (PA: ポリアミド, ナイロン) とゴム (EPDM: エチレンプロピレンジエンゴム) の物性は実験値²⁾と文献値³⁾から、温度 20℃で、PA: $E=570\text{MPa}$, $\nu=0.40$, $T_s=169\text{MPa}$ / EPDM: $E=11.0\text{MPa}$, $\nu=0.49$, $T_s=11.4\text{MPa}$, とした。荷重は、評価部の公称応力が試験片の破断強度の 50%となるよう長手方向に 5kN 相当の力を与えた。

3. 解析結果

構築した解析モデルを用いゴム引布接合部に生じる応力集中を確認した。図-4 に解析結果を示す。左図がゴムの応力分布を右図が繊維の応力分布を明示している。

キーワード ゴム袋体, ゴム引布, 複合材, FEM, 内部応力, 強度設計

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

T E L 029-879-6763, E-mail t-nakamura55@pwri.go.jp

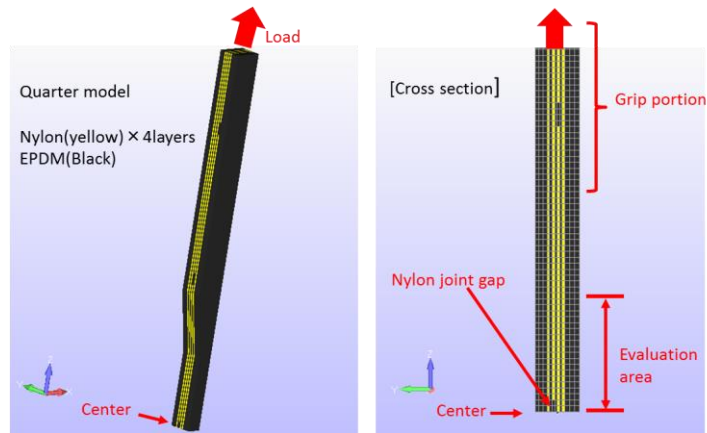


図-3 FEM モデル

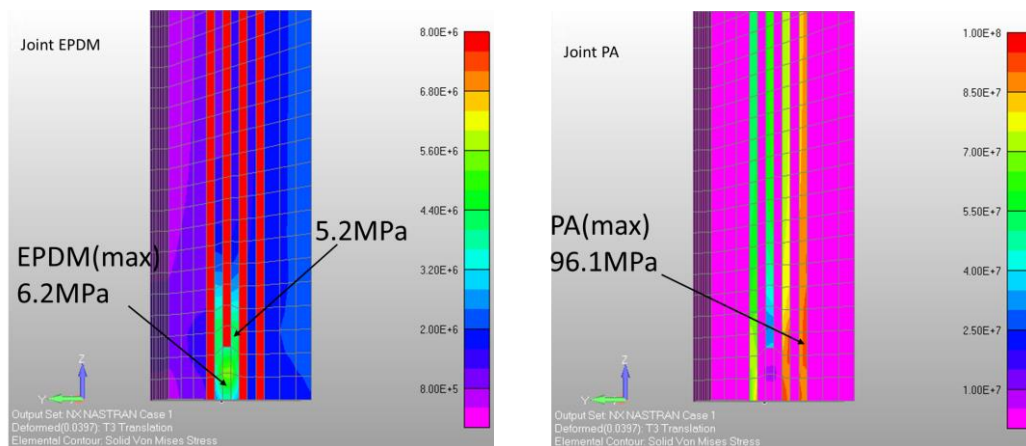


図-4 FEM 解析結果

この接合部の解析の結果、継ぎ目付近のゴムに大きな応力が発生していることがわかる。繊維間の変形量の差よりゴムに大きなせん断が生じ、それが要因となり応力集中が生じている。この荷重条件は正常運用時の実働荷重に比べ大きく、その条件下でゴムに発生した応力は単軸引張り破断強度の 11MPa を超えていないが、荷重増加、クリープ、部材の強度低下などが生じると繊維間のゴムは弱点箇所となりせん断はく離型破壊が生じる可能性が示唆された。なお、別途検討を行った接合部のない繊維の連続した部位の解析では、部材はほぼ一様に変形し応力集中は生じなかった。

4. おわりに

ゴム/繊維複合材であるゴム堰用ゴム引布について、FEM 解析モデルを構築し、繊維継ぎ目を有す接合部の応力解析を行った。その結果、接合部のゴムに大きな応力集中が確認された。この応力集中は、ゴム引布のせん断はく離型破壊の要因になりうると考える。

参考文献

- 1) 中村崇他, “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”, 第 43 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, VI-14 (2016.3).
- 2) 中村崇他, “ゴム引布製起伏堰の強度およびクリープ特性の検討”, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, VI-058 (2016.9).
- 3) 坪井正行他, “温度変化が各種ジオメンブレンの引張り特性に与える影響”, ジオシンセティックス技術情報(1998.11), pp18.