

ゴムフェンダーの繰り返し圧縮特性と内部発熱に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
鳥取大学工学部 正会員 盛川 仁

鳥取大学工学部 正会員 池内 智行
鳥取大学大学院 学生員 ○平野 敏彦

1. はじめに

現在、海洋空間の開発として浮体構造物が注目されているが、浮体構造物と係留部材の緩衝材としてゴムフェンダーがよく用いられている。しかし、浮体構造物が動揺し、ゴムフェンダーに繰り返し圧縮を与えることで反力低下を引き起こすことが考えられる。ゴムフェンダーより必要な反力を得られない場合、係留施設や浮体構造物に被害がおよぶ可能性がある。そこで、本研究では繰り返し圧縮を受けた際のゴムフェンダー内部温度変化について解析を行った。

2. 繰り返し圧縮試験

本研究では、ゴムフェンダーが繰り返し圧縮を受けた際の内部温度と反力、ヒステリシスロスの変化を把握することを目的として、繰り返し圧縮試験を行った。試験に用いた SUC100H (RH) は Super Cell Fender と呼ばれる種類のゴムフェンダーである。数字の 100 はゴムフェンダーサイズを示し、単位は mm、括弧内の RH はフェンダーのゴム質を示している。このゴムフェンダーは、図-1 に示すとおり円筒状で、鉛直方向の圧縮力に対して安定した形状で伸長を行い、優れたエネルギー吸収性能により反力を低減することができる。繰り返し圧縮試験の条件を表-1、ゴムフェンダーの温度測定点を図-2 に示す。*印の試験においては、繰り返し圧縮試験後の内部温度低下についても測定を行った。

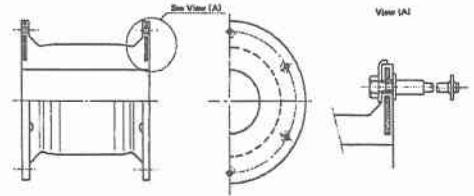


図-1 スーパーセル型ゴムフェンダー概略図

表-1 繰り返し圧縮試験条件

ゴムフェンダー	圧縮ひずみ (%)	周期 (秒)	恒温槽使用状態	備考
A	20	6	使用	
B	20	6	不使用	
A	35	6	使用	1 回目
*A	35	6	使用	2 回目
B	35	3	使用	

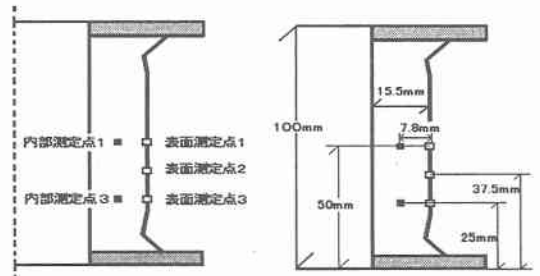


図-2 ゴムフェンダー温度測定点

3. ゴムフェンダーの内部温度履歴の推定

ゴムフェンダーが繰り返し圧縮を受けた際の内部温度を推定に、無限平板モデルの非定常熱伝導方程式を用いた。¹⁾ 推定式を以下に示す。

$$T = -\frac{Q}{2K} X(X-l) - \frac{2Q}{K} \frac{l^2}{\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\{1 - (-1)^n\}}{n^3} e^{-\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \alpha t} \sin \frac{n\pi}{l} X + T_0 \tag{1}$$

ここに、T:内部温度、Q:発熱量、K:熱伝導率、l:ゴムフェンダー厚、T₀:ゴムフェンダー表面温度である。

4. 解析結果および考察

図-3 に内部温度と反力の変化を示す。これより、繰り返し圧縮条件によって内部温度の変化にちがいがああるものの、温度の上昇とともに反力も低下していることがわかる。よって、ゴムフェンダー内部の温度上昇と反力低下に高い相関があると思われるため、ゴムフェンダー内部の温度履歴を(1)式を用いて推定する。ここで、図-3 において各々の初期反力が異なっているのは、ゴムフェンダーが持つ速度依存性によるものと考えられる。

図-4 から図-6 に内部発熱温度の履歴とその推定値を示す。ゴムフェンダー内部の発熱温度は、繰り返し圧縮条件とゴムフェンダー表面での放熱条件とにより大きく異なっているが、全ての条件でゴムフェンダーの内部温度は最終的に一定温度へ収束することが分かる。これは、ゴムフェンダー内部での発熱とゴムフェンダー表面での放熱が平衡状態になるためと考えられる。反力低下の原因と考えられる内部最高温度の推定は(1)式を用いて行ったが、比較的よい精度で推定できた。ただし、図-4 においてゴムフェンダー B の計算値が不規則な形状をしているのは、(1)式の T_0 (ゴムフェンダー表面温度) に繰り返し圧縮試験で計測したゴムフェンダー表面の温度を直接代入したためである。

5. 結論

繰り返し圧縮を受けることでゴムフェンダーの反力は低下するが、その反力低下はゴムフェンダーの繰り返し圧縮によって生じた内部発熱によるものであると考えられる。よって、熱伝導方程式を利用することで繰り返し圧縮によるゴムフェンダー内部温度変化と収束温度の推定をより確かにし、温度と反力の関係を明らかにする必要がある。

また、ゴムフェンダーの反力が雰囲気温度によっても変化するという事例²⁾が報告されていることから、この関係についても検討を行っていく予定である。

【参考文献】

- 1) 宮崎則幸・矢川元基：有限要素法による熱応力・クリープ・熱伝導解析，サイエンス社，昭和 60 年 4 月
- 2) 上田茂 他：浮体橋梁に使用する係留用ゴムフェンダーの特性，日本造船学会，第 14 回海洋工学シンポジウム，1998 年 7 月，PP359-364

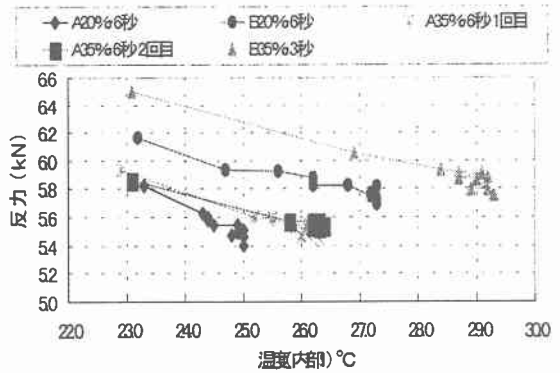


図-3 内部温度と反力の変化

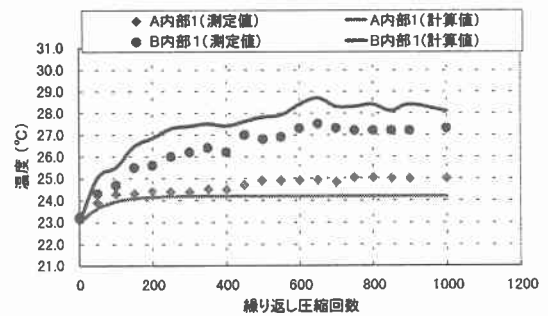


図-4 ゴムフェンダーA、B・温度履歴(内部1)の推定
圧縮ひずみ20%・周期6秒

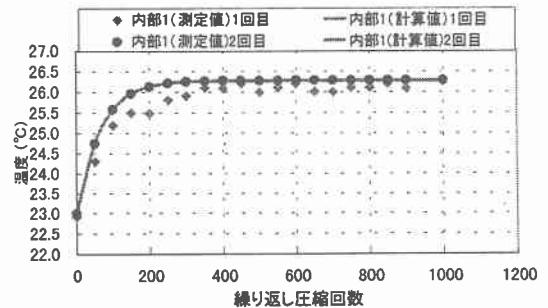


図-5 ゴムフェンダーA・温度履歴(内部1)の推定
圧縮ひずみ35%・周期8秒・恒温槽使用

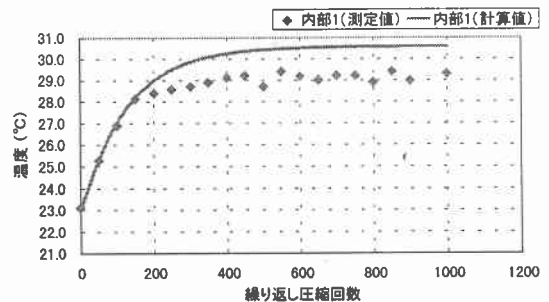


図-6 ゴムフェンダーB・温度履歴(内部1)の推定
圧縮ひずみ35%・周期3秒・恒温槽使用