

GFRP を用いた橋梁伸縮装置の止水部の静的耐荷性能および疲労耐久性

九州大学大学院 学生会員 ○宅島 大貴
九州大学大学院 正会員 山口 浩平

九州大学大学院 フェロー 日野 伸一
宮地エンジニアリング(株) 正会員 久保 圭吾

1. 目的

伸縮装置は、補修サイクルが 15 年以内に集中しており、年間の補修量が非常に多い現状である。また、伸縮装置の補修は交通規制渋滞の誘発を招くため、迅速な施工が求められている。一方、GFRP(ガラス繊維強化ポリマー)は軽量で耐食性に優れており、様々な形状に製作できるという特徴がある。そこで著者らは過去に GFRP 製橋梁用伸縮装置(図-1)の静的耐荷試験を行い、その静的耐荷性能を確認した¹⁾。そこで本研究では、GFRP を用いた伸縮装置の止水部の静的耐荷性能および疲労耐久性について検討した。

2. 試験概要

供試体を図-2 に示す。試験は止水部を橋軸直角方向に 200mm 取り出し、波型形状とすると荷重が困難となることから図-2 に示すような直線形状とし、供試体数は 3~5 体とした。荷重ケースを図-3 に示す。止水ゴムに作用する荷重は、堆積した土砂を車輪のタイヤが踏みつけることにより作用する。この荷重状態を再現するために、止水ゴム上に砂を堆積させ鉄板を介して荷重した(Type C)。また、現実の荷重状態は不明確であることから、FRP ゴム受け(Type B)および止水ゴムに着目した荷重状態(Type A)についても試験を実施した。

疲労耐久性については Type B のみで検討し、2 パターンの最大荷重を設定し、100 万回繰返し荷重を行った。図-4 に示すように疲労耐久性を評価する際の荷重荷重は、衝撃を考慮して $200\text{kN}/(\text{輪荷重設置面積 } 500\text{mm} \times 200\text{mm}) \times (\text{最大遊間 } 130\text{mm} \times \text{供試体幅 } 200\text{mm}) = 52\text{kN}$ となるが、図-4 のように V 字のゴム部はゴムの変形により吸収されることとし、FRP 受部上のゴムが水平な部分のみ荷重を受け持つものと考えた。その結果 $200\text{kN}/(\text{輪荷重設置面積 } 500\text{mm} \times 200\text{mm}) \times (\text{ゴム水平部 } 20\text{mm} \times \text{供試体幅 } 200\text{mm}) = 8\text{kN}$ となる。したがって疲労試験での最大荷重を 8kN とした。また、車両の走行による土砂等の押し込み負荷により、止水ゴムのゴム受けに荷重が生じる。ダンプトラックの車輪半径が約 500mm であり、押し込み量は 4.2mm(最大遊間時)となり、これを均一に押し込むものとして換算すると 2.8mm となる。これより静的荷重試験の同ケースでの押し込み量が 2.8mm 時の荷重を疲労試験での最大荷重とした。疲労試験での最小荷重は 2kN とした。

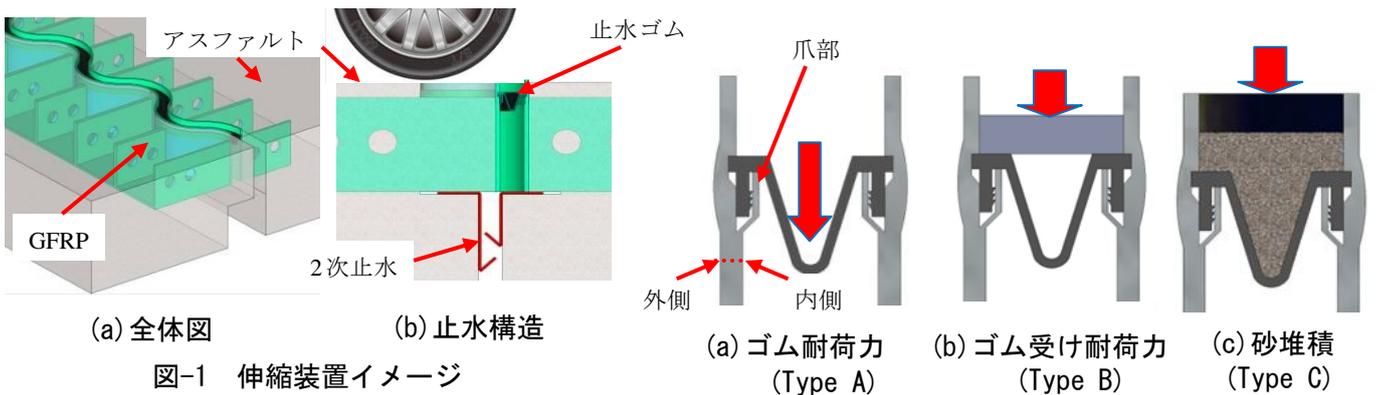


図-1 伸縮装置イメージ

図-3 荷重ケース

表-1 材料特性値

	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
GFRP	90.5	8860	0.14
ゴム	10	5	0.49
鋼板	-	210000	0.3

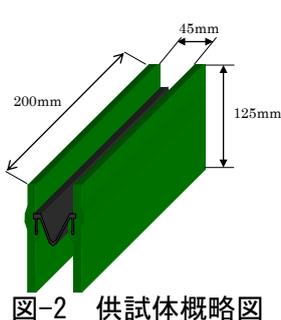


図-2 供試体概略図

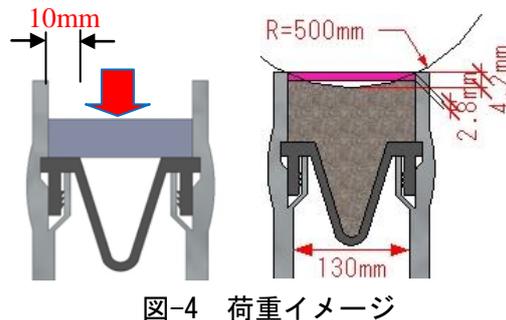


図-4 荷重イメージ

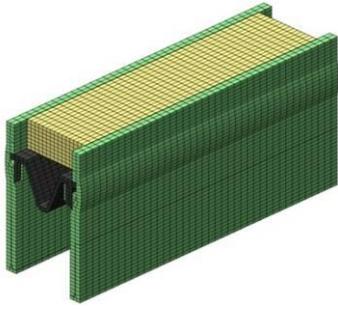


図-5 解析モデル

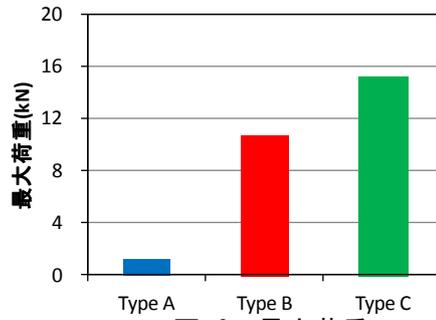
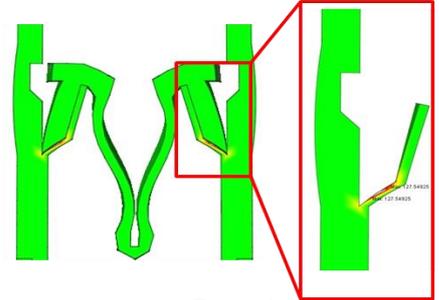


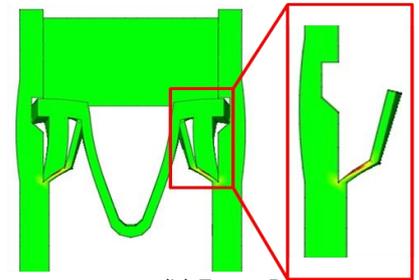
図-6 最大荷重

表-2 各部の応力状態

Type	爪部	内側	外側
A	圧	圧	引
B	圧/引	圧	引
C	引(概ね)	圧(一部引)	圧



(a) Type A



(b) Type B

図-8 主応力コンター図

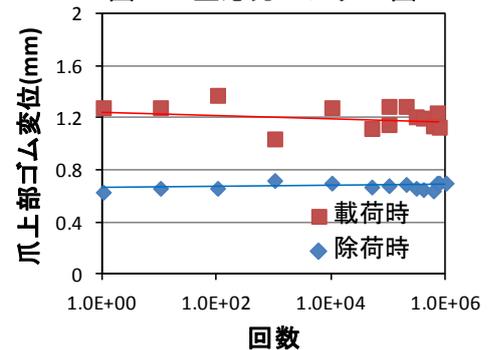


図-9 疲労試験



(a) Type A

(b) Type B

(c) Type C

図-7 破壊状況

表-1 に材料特性値を，図-5 にモデル概略図を示す．解析モデルは 3次元非線形モデルで全て 8 節点ソリッド要素とし，FRP，止水ゴム，載荷板の間には面外方向の圧縮力のみを伝えるようなインターフェイス要素を導入した．

3. 結果および考察

(a) 静的耐荷性能

最大荷重の平均値を図-6 に，各部位の応力状態を表-2 に示す．Type A は載荷途中で爪部からゴムが外れゴムのみが伸びる状態となったため荷重が小さかった．また，最大荷重は Type B よりも Type C が大きく，Type C のみ外側に圧縮が見られた．これは砂により早期に荷重が外側(GFRP)に伝わり，爪部が受け持つ荷重が小さくなったためと考えられる．供試体の破壊状況を図-7 に示す．同図の丸で示すように，破壊状況はゴム受けの付け根が剥離するように破壊した．FEM 解析における最大荷重時のゴム部および爪部の主応力コンター図を図-8 に示す．Type A では試験と同様，爪部から止水ゴムの上部が外れ，爪部の付け根部に応力が集中する現象が見られる．また Type B では爪部の付け根部に応力が集中する現象を再現できた．

(b) 疲労耐久性

供試体中央のゴム受け付け根での各回数時の載荷時および除荷時の最大荷重時(6kN)と最小荷重時(2kN)の爪上部のゴムの変位の差分とそれぞれの近似直線を図-9 に示す．載荷時，除荷時ともに変位は横ばいであり，また 100 万回時点でも大きな損傷は見られなかったため，疲労耐久性は問題ないと判断した．

4. まとめ

- (1) 静的載荷試験では 3 つの異なる載荷ケースについて各部の変形性状・耐荷性能を明らかにした．
- (2) 解析により実際の挙動を再現し得る解析モデルにより，各部の応力状態の詳細が明らかになった．
- (3) 疲労試験において変位は載荷時，除荷時ともに横ばいであり，100 万回繰返し載荷を行った後でも大きな損傷は見られず疲労耐久性は確保された．

参考文献

- 1) 山口浩平ら：GFRP を用いた橋梁用伸縮装置の静的耐荷性能，土木学会第 67 回年次学術講演会，2012.9