

波介川河口導流路施設（十文字堰）の破損原因と復旧策について

～袋体接合部の耐久力不足が原因～

国土交通省高知河川国道事務所が、一級河川仁淀川水系波介川に整備した波介川河口導流路の「十文字堰」（土佐市新居地先）におけるゴム袋体の破損について、原因調査の結果をお知らせいたします。

○破損原因

袋体は、初期物性としての引張強度は有していたが、接合部において耐久力が不足したものと推定され、接合部が一般部と同等の性能を有していなかったことが破損原因と考えられます。

○復旧策

袋体の復旧にあたっては、袋体張力を支える織布の強度を上位規格に変更し、伸びを小さくすることにより、接合部における耐久力を向上させ、一般部と同様の性能を確保するものであります。

○今後の予定

袋体の復旧にあたっては、来年の出水期までの完成を目指しています。

○これまでの記者発表資料（「波介川河口導流路施設（十文字堰）の損傷について」（第1報～第5報）及び「平成21-22年度波介川分流堰新設工事瑕疵の修補実施について」）は、下記をご参照ください。

<http://www.skr.mlit.go.jp/kochi/press/siryo.html>

<http://www.skr.mlit.go.jp/pres/h24backnum/index.html>

平成24年10月30日

<問い合わせ先>



国土交通省 四国地方整備局

企画部 ○施工企画課長

やまもと ひさひさ

山本 博久（087-851-8061内線3451）

国土交通省四国地方整備局 高知河川国道事務所

事業対策官

ふくだ けい

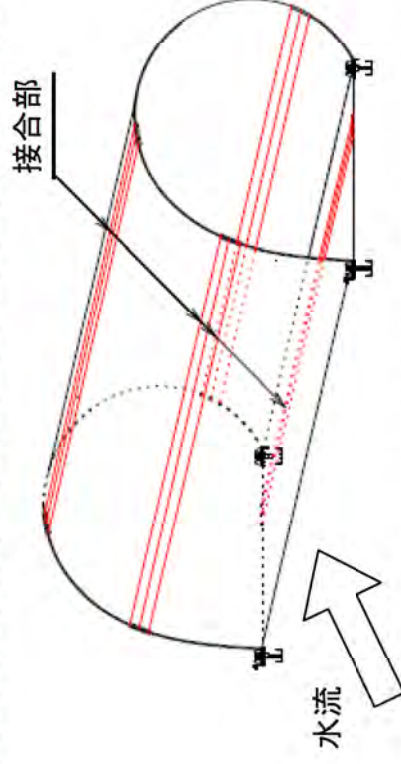
福田 浩（088-833-0111内線208）

※○：主たる問い合わせ先

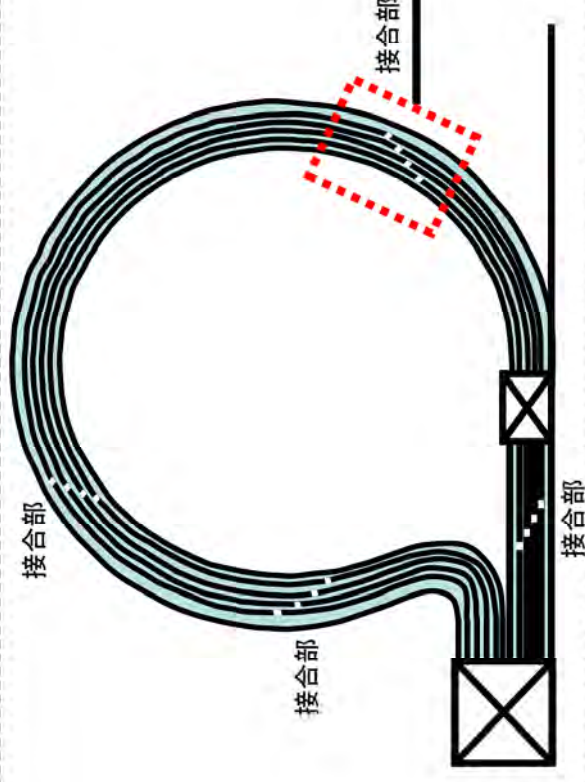
十文字堰の構造

ゴム袋体は、袋体張力を支える4枚の織布と、これを保護し、気密性等を確保するゴム層から構成されています。また、製造上の制約から、横方向に4ヶ所の接合部があり、接合部は階段状に加工されたものを突き合わせた構造となっています。

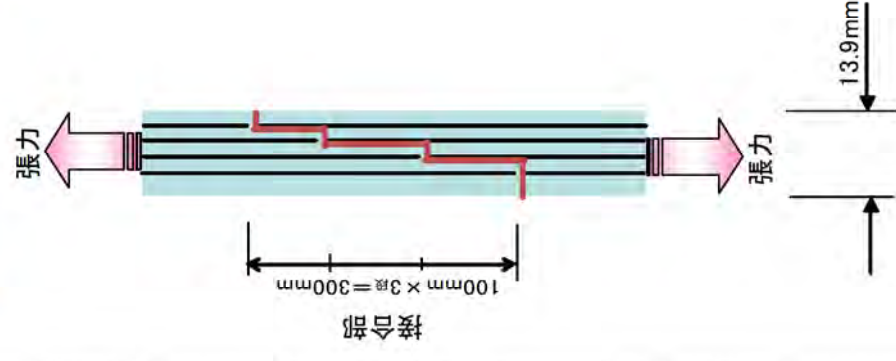
模式図



断面図
(イメージ)



接合部のイメージ



破損原因の分析結果



・製造時の記録、施工時の記録、施工後の記録からは、破損の原因となる異常は認められませんでした。



・十文字堰で使用されている織布は、これまでに施工された接合部が同一形式・同一規模のゴム袋体と比較すると、強度が小さいことが判明しました。

※十文字堰の堰高は3mで、織布強度は200N/mmを使用。

※同一形式で堰高3m程度の実績は他に5件。いずれのゴム堰も織布強度は300N/mmを使用。

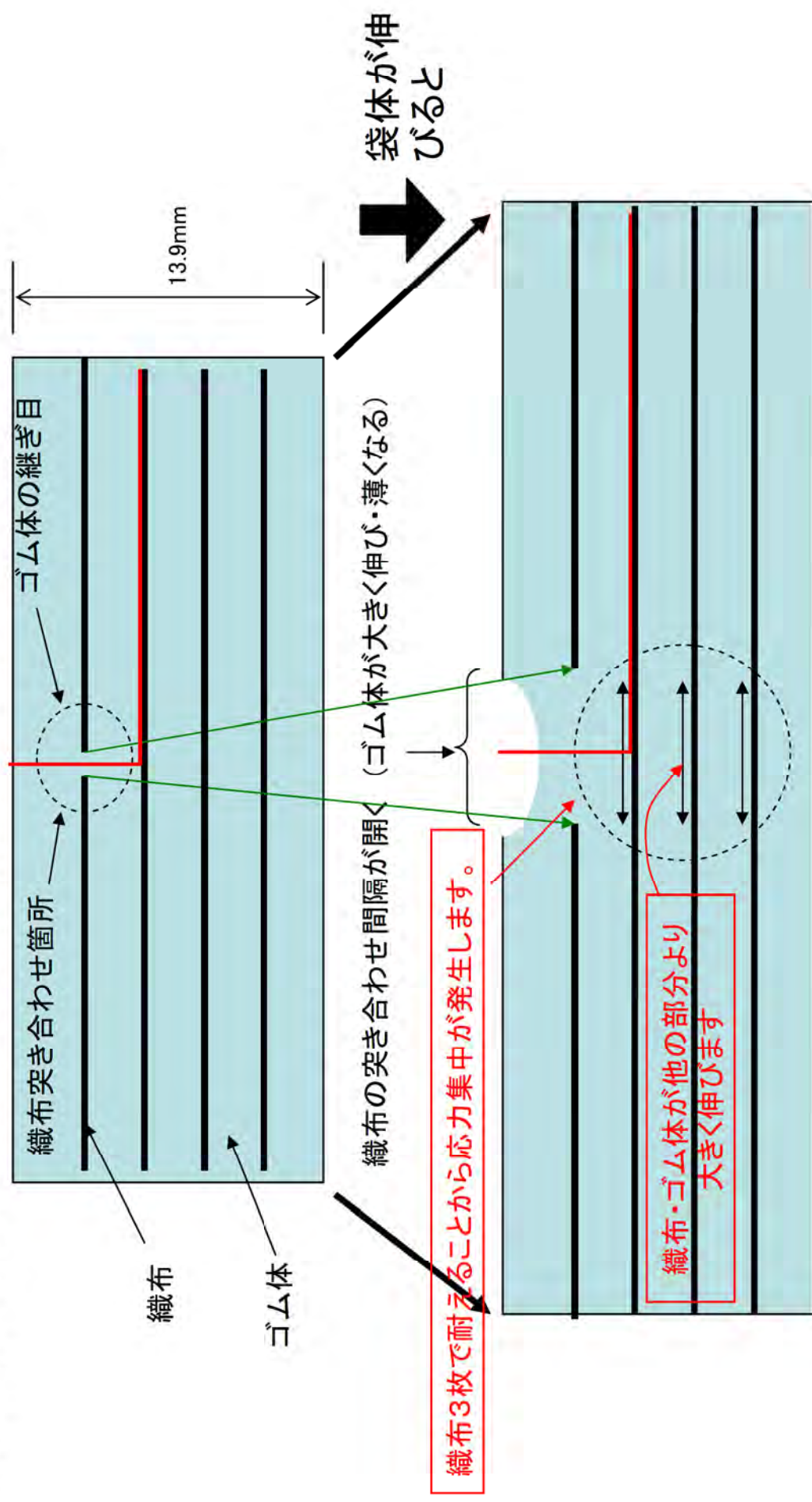
注) 織布強度は、織布1枚当りの値



・引張強度試験では異常値はなかったが、その過程で、ゴム袋体の接合部が一般部と比べ、伸びが大きいたことが判明しました。

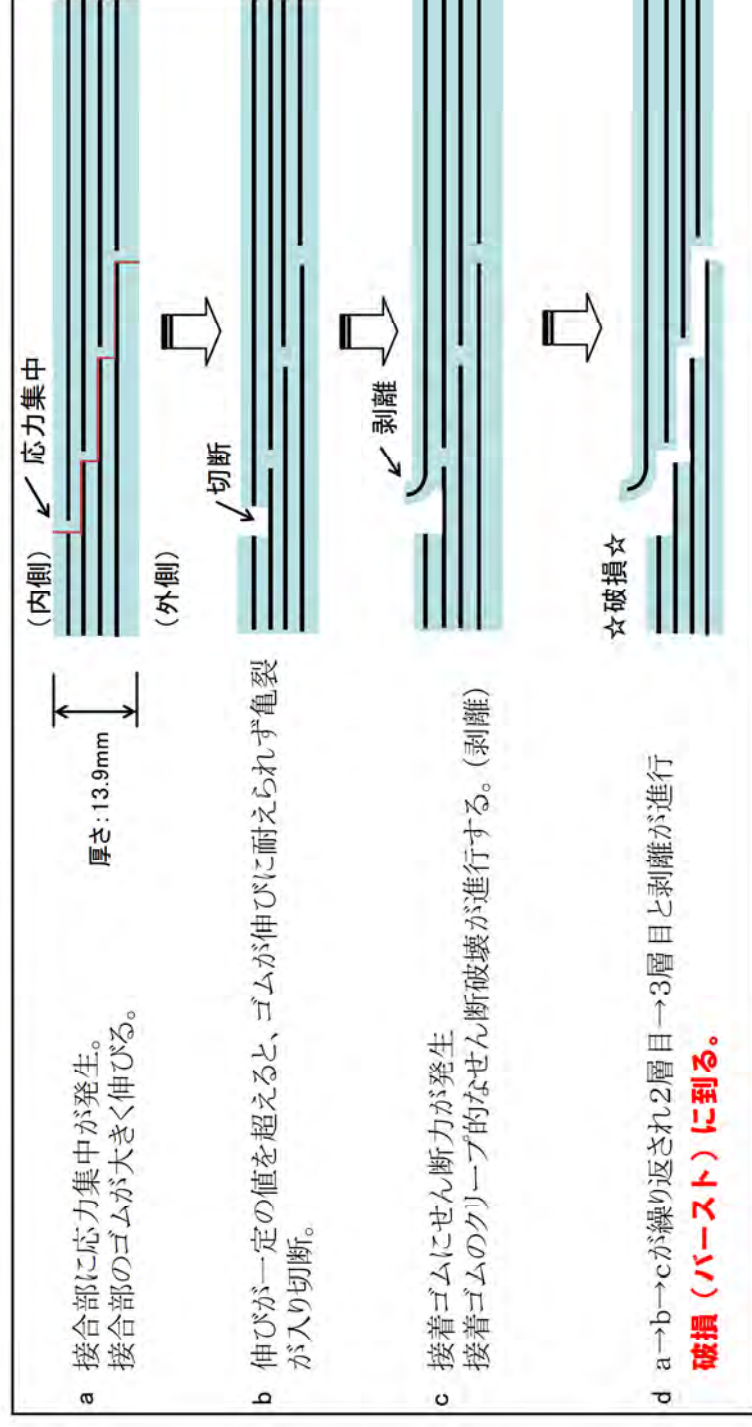
接合部が大きく伸びる現象について

- ・一般部が織布4枚で応力を受けるのに対し、接合部である織布の突き合わせ箇所では、**織布3枚で応力を受けることから応力集中が発生します。**
- ・応力集中により、突き合わせ間隔が大きく開き、ゴム袋体の接合部が剥離したものと推定しています。
- ・突き合わせ間隔の開きは、3枚の織布の強度により変わります。
- ・十文字堰の袋体の織布は、同一形式・同一規模の袋体に比較して強度の小さいものが使用されていました。



剥離の進行状況の推定

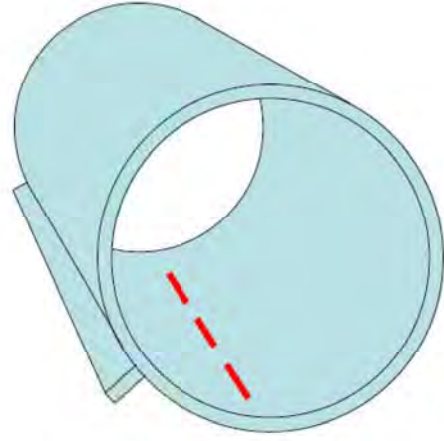
ゴム袋体の横方向接合部では、強度部材である織布が途切れており、その周辺に応力集中が発生。応力集中による変形に対応しきれず接合部端部に亀裂が生じ、剥離したものと推定されます。



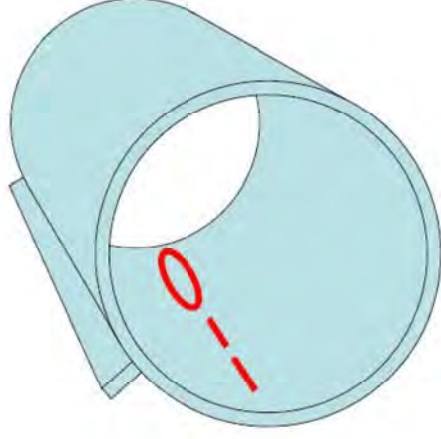
☆応力集中に対する接合部の耐久力不足(ゴム1層の剥離とその進展)が原因であると推定。

破損の進行状況の推定

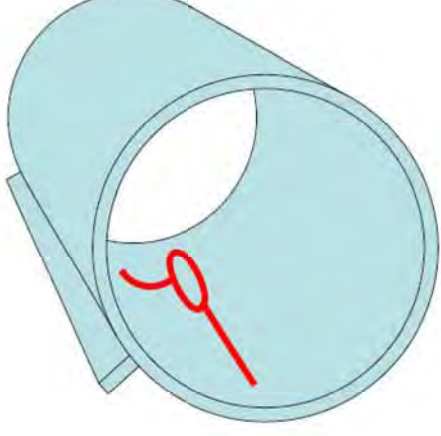
破損は、まず、袋体内面横方向のゴム接合面1層目に部分的な剥離が発生。剥離は時間とともに進展し、剥離が3層目に到達した際にゴム袋体の破裂が始まり、破裂のエネルギーにより縦方向にも破断したものと推定されます。



①袋体接合部に部分的な剥離が発生



②剥離は時間とともに進展(1層→2層→3層)
☆ゴム袋体が破裂



③破裂のエネルギーにより縦、横方向に破断が行

復 旧 策

【施工業者からの提案】

ゴム袋体のアップグレード{袋体(織布)の強度を上位規格に更新}

【提案理由】

- ・今回使用したゴム引布には製品として3種類の織布強度が設定されています。
(150N/mm, 200N/mm, 300N/mm)
- ・破損した十文字堰で使用されている織布の強度は200N/mmでした。
- ・織布強度を 200N/mm → 300N/mm にアップグレードすることで耐久力を向上させます。

注) 織布強度は、織布1枚当りの値

破損した十文字堰



織布強度 = 200N/mm

復旧案



織布強度 = 300N/mm

袋体張力を支える織布の強度を
上位規格に変更し、伸びを小さくす
ることにより、接合部の耐久力を向
上させる。

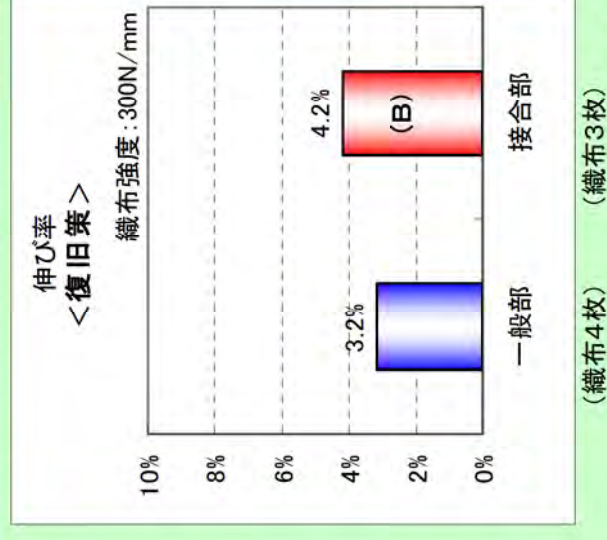
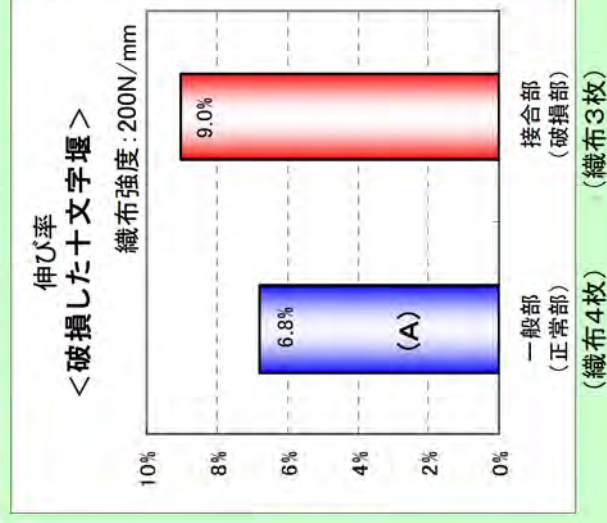
☆織布の強度を1.5倍に変更

復旧策の検証

検証

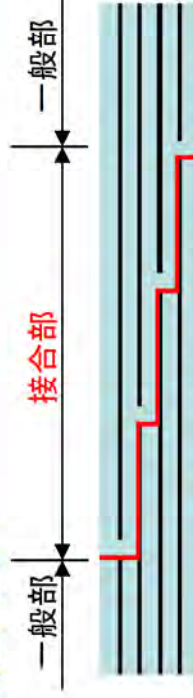
今回の現象は、袋体の接合部が一般部と比べ伸びが大きいことが原因であることから、袋体（織布）の強度アップにより、伸びが小さくなることを検証した。

【検証結果】



注) 織布強度は、織布1枚当りの値

【袋体断面図】



※：接合部は連続している織布が3枚しかない。

$$\frac{\text{復旧袋体接合部(B)}}{\text{破損袋体一般部(A)}} = \frac{4.2}{6.8} \div 62\%$$

【判定】

復旧策における接合部の伸び率は、破損した十文字堰の一般部の伸び率よりも小さくなるため、**復旧策における織布の強度は十分であると判断。**

☆上記、実績や科学的な検証より、復旧策は妥当と判断している。

波介川河口導流路施設(十文字堰)の破損原因と復旧策等について(まとめ)

1. ゴム袋体の破損原因について、調査・検討を進めてきた結果は次のとおりです。

○ゴム袋体の接合部剥離要因に関する考察

- ・ゴム袋体の接合部等では、断面構造の違い(袋体張力を支える織布数の違い)から応力集中が発生し、織布の突き合わせ箇所付近では、ゴムが大きく伸びる現象が発生します。
- ・接合部の剥離は「ゴム袋体に作用する応力の変化によって、突き合わせ箇所付近のゴムが伸縮を繰り返し、内面ゴムの接合部が剥離するに至った」ことが初期要因であり、同剥離が進行して接合部全体が剥離したものと推定しました。

○ゴム袋体が破損した原因

- ・袋体は初期物性としての引張強度は有していたが、接合部において耐久力が不足していたものと推定され、接合部が一般部と同等の性能を有していなかったことが破損原因と考えられます。

○接合部の設計について

- ・接合部の構造は、企業の経験・ノウハウにより、その妥当性を評価し適用仕様を決定します。
- ・今回のゴム堰工事の発注は、企業の持つ技術力を活用するため、受注者が製作・施工に必要な詳細設計を行う詳細設計付工事として発注したものです。

2. 復旧策

袋体の復旧にあたっては、袋体張力を支える織布の強度を上位規格に更新し、伸びを小さくすることにより、接合部における耐久力を向上させ、一般部と同様の性能を確保するものであります。

3. 今後の予定

- ・ゴム袋体の復旧にあたっては来年の出水期までの完成を目指しています。