## COMTEC

#### Compositive Factivomer 株式会社 コムテック

熊本市東区下南部 3 丁目 6-80 TEL: 096-388-2081 FAX: 096-388-2087

福岡営業所 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前 3 丁目 6-12 オヌキ博多駅前ビル 6F TEL: 092-474-5122 FAX: 092-483-5727

神戸営業所 〒651-0086 神戸市中央区磯上通6丁目1-17 ウェンブレービル6F TEL:078-265-2538 FAX:078-265-2562

熊 本 工 場 〒869-0513 熊本県宇城市松橋町萩尾 1151-1 TEL:0964-25-4142 FAX:0964-27-5143

沖縄県うるま市字兼箇段 1994-1 (テクノ自動車板金塗装地内 B1) FAX:098-997-6114





# GRP 橋梁

## 塩害に強く軽量で 腐朽しない橋

## ・優れた耐久性

雨水、塩害に強く、腐食しない メンテナンス費用が削減できる

## ・軽量かつ高強度

資材搬入が困難な現場に対応できる 工事期間の短縮と現場工事費の削減ができる 基礎工事費が軽減できる













浦添大公園 連絡橋 沖縄県浦添市 ボックス桁橋 (VI法)

## ■ application

管理車両や緊急車両が通行可能	P6
重機やクレーンで架設出来る場所	P7 ∼
歩道の無い橋で歩行路を確保する為の側道橋	P10,30
人力でしか架設出来ない場所	P12 $\sim$
人力でしか架設出来ない場所での吊り橋	P32 ∼

#### ■ contents

Concerts	
G R P(G F R P) 引抜材	P3 ∼
V I 製法 ~ Vacuum Infusion ~	P39 ~
研究・開発・各種試験	P41 ~
GRP(GFRP)橋梁 設計基準	P47 ~
GRP(GFRP)橋梁 施工フローチャート	P49 ^
保険制度	P50 ~

GRP BRIDGE

# GRP BRIDGE

(ガラス繊維強化プラスチック製橋梁)



## **GRP** (Glass Fiber Reinforced Polymer) とは

FRP(繊維強化プラスチック)とは強化繊維と樹脂の複合材です。

強靭性、軽量性、耐腐食性、耐衝撃性、電気絶縁性など優れた特性を持ち、近年その用途が大きく広がっています。当社のGRP材は母材に強度性能、耐熱性、耐腐食性に優れたイソ系ポリエステル樹脂・ビニルエステル樹脂を、強化材にはガラス繊維を用いています。

FRPのうち強化材にガラス繊維を用いたものがGRP(GFRP)です。

## GRP(GFRP)特徴

- ●ガラス繊維と樹脂の複合材であり、軽量かつ高強度である。
- ●水や湿気に強く、耐腐食性や耐塩害性に優れている。
- ●軽量なので基礎負担を軽減でき、地盤条件に対する適応性も高い。
- ●簡易なメンテナンスで長寿命化をもたらし、維持管理費を縮小できる。
- ●運搬重量の軽減と架設機材の軽便化、工期短縮をもたらす。



ユトレヒトの橋(オランダ) 人道橋:5.0m(W)×12.0m(L) 床板:GRP(Vacuum Infusion/VI 法) 緊急車両 6 トン通行可

#### GRP引抜材の物性値

		長さ方向	横方向	軸方向の許容応力度		
		(引抜方向)	(引抜方向) (横断方向)		長期	
引張強さ	(Mpa)	230-380	40-60	40-60 175-290		
曲げ強さ	(Mpa)	230-380	40-60	175-290	70-115	
せん断強さ	(Mpa)	28-35	*(38-50)	21-26	8-10	
圧縮強さ	(Mpa)	220-350	80-120	170-265 65-105		
引張弾性係数	(Gpa)	15-28	5-7	(断面形状により異なります)		
圧縮弾性係数	(Gpa)	16-23	5-10	(断面形状により異なります)		
曲げ弾性係数	(Gpa)	14-24	5-7	(断面形状により異なります)		

<sup>\*</sup>Shear Strength By Punch(Perpendicular to laminate face)

## GRPP ~土木構造材料としての可能性~

沿岸地域や融雪剤を使用する地域では鋼材は錆びやすく、 コンクリート内部の補強鉄筋も塩分の浸透によって腐食 します。

GRP(GFRP) は耐食性に優れ、寿命が長く、維持管理費も低減できる橋梁を実現する材料として、期待されています。

また、軽量なので架設を容易にし、地盤が悪条件の場合 にも適応でき、構造物に対する地震などの被害の軽減に も効果的であります。



ネルソンマンデラブリッシ(オランダ) 可動橋: 2.0 m(W)×22.5 m(L) 床板: GRP(Vacuum Infusion/VI 法)

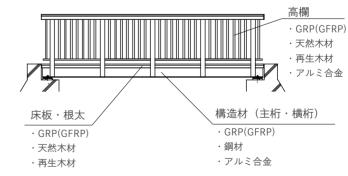
#### GRP引抜材と従来の構造部材の物性値比較

		GRP引抜材	鋼	アルミ合金	木材(杉)
重量	(kg/m)	4.32	17.00	6.10	4.00
断面積	(cm²)	22.73	21.63	22.56	100.00
比重		1.85	7.85	2.70	0.40
ヤング係数	(Gpa)	14.00-24.00	200.00	70.00	7.00
引張強さ	(Mpa)	230.00-380.00	400.00	155.00	20.00-30.00
引張許容応力	(Mpa)	65.00	140.00	70.00	4.50
線膨張率	(10⁻⁵/℃)	1.00	1.20	2.30	0.17

断面サイズ 100×100mm 杉材以外は 6mm 厚の角パイプを想定。 (鋼は SS400 アルミ合金は A6063T5)



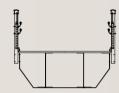




さまざまな素材との組み合わせが可能です。 GRP(GFRP)を合わせることで耐久性の高い橋をつくります。

## ボックス桁橋 (VI法)

GRP(GFRP) 製のボックス桁橋(VI橋 vacuum infusion GRP Bridge)です。\*VI工法にて製作された各パーツ(床板、側板、桁、底板及び端板)を接着し、一体化した構造です。

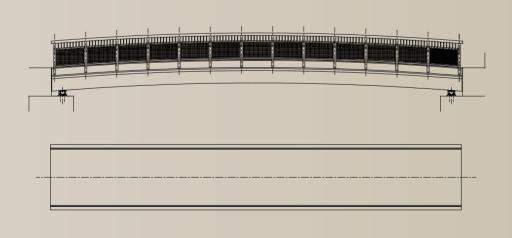


\*VI(バキュームインフュージョン)工法: 真空の力を利用してガラス繊維層に樹脂を注入し、隅々まで

: 真空の力を利用してガラス繊維層に樹脂を注入し、隅々まで行き渡らせて均一で強靭な積層材を製作する工法。

## GRP(GFRP)ボックス桁橋の機能的特性

- GRP(GFRP) ボックス桁橋は軽量なので、既設基礎の利用を検討できます。
- クレーンによる一括架設となり、短期間での架設が可能です。(クレーン架設 1 日) \*クレーンによる架設が施工条件になります。
- 床板は、ノンスリップ加工(砂目地)を施しており、表面が濡れたり苔がはえても安全 に通行出来ます。
- ●簡易なメンテナンスで長期的な使用が可能であり、維持管理費を縮小出来ます。
- 型の形状は自由にデザインできるため優美な曲線の桁橋の製作が可能です。



## 管理車両や緊急車両が通行可の施工例

高 欄:GRP(引抜材)

#### 長野緑地 福岡県北九州市 緊急車両3トン通行可

橋 長:W 2.85m×L 11.0m

床 板:GRP(Vacuum infusion)/VI 法) 構造材:GRP(Vacuum infusion)/VI 法) 地域の自然や歴史特性を生かし広域交流拠点となるように整備を進める中で、施設の長寿命化を見据え、高耐久性のあるGRP材が選定されました。また橋の形状は、遺跡の負担軽減の為、橋自重の軽いGRPボックス桁橋が適用されました。

完成:2014年3月









## 重機やクレーンで架設出来る場所での施工例

#### 阿蘇災害復旧 FRP 橋 熊本県阿蘇市



平成 24 年、九州を中心に発生した九州北部豪雨では、 多くの人的、物的被害が発生しました。

同じく阿蘇地域では記録的豪雨により土砂災害が発生し甚大な被害となりました。集落地域と県道を行き来できる橋を整備する計画の中で、基礎負担が少なく施工性や緊急性を考慮して、GRPボックス桁橋が採用されました。今でも住民の方々の利便性に役立っています。

完成:2014年11月





橋 長:W1.2m×L12.06m

高 欄:GRP(引抜材)

床 板:GRP(Vacuum infusion)/VI 法) 構造材:GRP(Vacuum infusion)/VI 法)

#### 岩屋公園 平安橋 鹿児島県南九州市

鹿児島県南九州市川辺町の岩屋公園内を流れる清流、万之瀬川に掛かる木橋の架け替えとして、人道橋(平安橋)が架設されました。公園内にはキャンプ場や研修施設があり、四季を通じて多くの人が訪れ、この橋を利用します。以前、ここには木橋が架かっていました。腐朽が進み補修の検討がなされましたが、結果として補修工事費が膨らむため、新設されることになりました。コンクリート橋や鋼橋は重量が重く基礎負担が大きくなります。そこで、既存の基礎躯体がそのまま利用できる軽量の素材で、腐朽せず、公園内での施工が短期間で行える等の条件を満たすものとして、インフュージョン成形のGRPボックス桁橋が選ばれました。

完成:2015年3月







橋 長:W 2.0m×L 18.0m (2 径間)

高 欄:GRP(引抜材)

床 板:GRP(Vacuum infusion)/VI 法) 構造材:GRP(Vacuum infusion)/VI 法)



## 重機やクレーンで架設出来る場所での施工例

#### 浦添大公園 連絡橋 沖縄県浦添市







都市近郊でありながら、多くの自然林が残る丘陸を利用した総合公園です。敷地は西側から南側へ湾曲した2本の小稜線によって画されています。

県道を挟んで駐車場と公園があり、従来は県道を歩いて 横断しなければならなかった為、事故の危険性を軽減す る目的として連絡橋が計画されました。

他の工法と比較選定して、基礎工事の軽減ができ、塩害にも強い、GRPボックス桁橋が採用されました。 FRP橋が横断歩道橋として採用されたのは、国内では

まだ数少ないです。

完成: 2019 年 10 月



橋 長:W2.5m×L18.5m

高 欄:GRP(引抜材)・GRP(グレーチング)

床 板:GRP(Vacuum infusion)/VI 法) 構造材:GRP(Vacuum infusion)/VI 法)

## 歩道の無い橋で歩行路を確保する為の側道橋

#### 水俣旧釣舟鉄工所跡地 側道橋

#### 熊本県水俣市

近くには小学校等があり、通勤、通学時間帯は人が多く行きかう場所です。子供達は登下校時に幅が狭い橋を通行していたのですが、事故の危険性を軽減する為に、歩行路を確保する目的で側道橋の計画が行われました。海沿いに近く、埋め立てられた軟弱地盤だったので、軽量目つ耐塩害性にも強いGRPボックス桁橋が採用されました。

完成: 2015年12月









橋 長:W 2.0m×L 12.0m

高 欄:GRP(引抜材)

床 板:GRP(Vacuum infusion)/VI 法) 構造材:GRP(Vacuum infusion)/VI 法) GRP BRIDGE Fラス橋

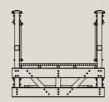
## トラス橋

主構造部ヘトラス構造を使った橋です。

GRP(GFRP)トラス橋は、トラス部に細長いGRP引抜材を両端で 三角形に繋いだ構造で、それを繰り返して桁を構成します。

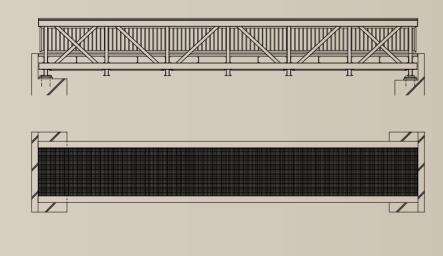
桁橋より長い距離を設けることが可能です。

また、水面と桁下の間隔が狭く大きな桁高がとれない場所に最適です。



## GRP(GFRP)トラス橋の機能的特性

- GRP(GFRP)トラス橋は軽量なので、既設基礎の利用を検討できます。
- GRP(GFRP) の軽量性を活かし、橋台基礎基盤の掘削を最小限にすることができます。
- ●比較的小さい部材で構成されており、人力による搬入、架設が可能です。
- GRP(GFRP) 材は引抜成形された部材の為、品質は均一です。
- 床板材はGRP(GFRP) 床板、再生木材、グレーチング等、用途に応じて変更可能です。



## 人力でしか架設できない場所での施工例

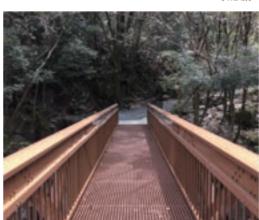
せんだん轟の滝 熊本県八代市



せんだん轟の滝は日本の滝百選の一つです。水が流れ落ちるさまに圧倒されます。紅葉や新緑、雪景色、四季折々で異なる渓谷美が楽しめるこの場所にある既設橋梁(鋼製)の橋が腐食し、改修となりました。 人力による運搬及び架設が必要なため、GRPトラス橋が採用されました。床板にはノンスリップ加工が施され、安心して通行ができるGRPグレーチングを使用しています。 完成: 2020 年 11 月



【改修前】



橋 長:W1.5m×L11.86m W1.5m×L13.16m 高 欄: GRP(引抜材) 床 板: GRP(グレーチング) 構造材: GRP(引抜材) GRP BRIDGE GRP BRIDGE トラス橋

## 人力でしか架設できない場所での施工例

#### 轟の滝 沖縄県名護市





轟の滝は沖縄県名護市数久田の自然公園内にあります。沖縄県指定文化財、雄大な一枚岩を背景にして、流れ落ちる滝を散策出来る遊歩道に、橋を整備しました。湿地帯であるため、湿気や塩害に強いGRP材を使用した、トラス橋が採用されました。 完成:2017年3月



橋 長:W2.0m×L12.0m

高 欄: GRP(引抜材) 床 板: GRP(引抜材)

構造材: GRP(引抜材)

#### せんだん轟の滝 遊歩道

#### 熊本県八代市

五家荘の山中深くにある散策路に掛かる、鋼製の橋が 腐食により改修となりました。

施工現場へのアプローチは道幅が狭いうえに高低差が大きいので車両、重機の進入が出来ず、人力での資材 運搬と施工が求められ、メンテナンスも極力軽減したいという観点から、GRP材が選定されました。

床は飛散する滝の水と相まって滑りやすいので、床板にはノンスリップ加工が施してあり、濡れても水が溜まらず、安心して通行できるGRPグレーチング床板が用いられています。

完成:2010年3月 :2012年2月









橋 長:W1.5m×L16.3m W1.1m×L7.5m W1.1m×L6.06m

高 欄: GRP( 引抜材 ) 床 板: GRP( グレーチング ) 構造材: GRP( 引抜材 )

GRP BRIDGE GRP BRIDGE トラス橋

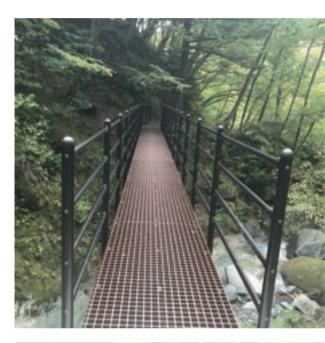
## 人力でしか架設できない場所での施工例

#### 大山隠岐国立公園 川床木知屋橋

#### 鳥取県西伯郡

中国自然歩道の一部である大山参詣「大山みち」コースに 上路式アルミトラス橋を架設しました。この場所に、以前 設置されていた木橋は水面に近く、増水時に通行が危険に なることが課題でした。谷を跨ぐように橋を新設、利用者 の安全を確保し、床板にはGRPグレーチングを採用する ことで雪を積もり難くし積雪期の通行にも配慮しています。

完成:2018年7月





橋 長:W1.0m×L17.0m

高 欄:アルミ合金 床 板:GRP(グレーチング)

構造材:アルミ合金



#### 大正池公園 沖縄県粟国村







大正池公園は沖縄本島の西側にある離島、粟国島に ある公園です。この公園は、大正天皇が御即位され た際に、記念行事として整備された自然豊かな公園 です。水源の少ない粟国島の中で憩いの場所となる 大正池と、併設された展望台まで至る間に掛かる橋 を整備しました。

資材運搬車両が侵入不可能な為、人力で施工や運搬が可能なGRPトラス橋が採用されました。

完成:2014年3月



橋 長:W1.5m×L9.0m

高 欄: GRP(引抜材) 床 板: GRP(引抜材) 構造材: GRP(引抜材) GRP BRIDGE GRP BRIDGE トラス橋

## 人力でしか架設できない場所での施工例

#### バンナ公園 沖縄県石垣市

バンナ公園は、沖縄県石垣島の最大の森林公園でバンナ岳の麓に広がっています。1年を通じて、色々な草花が植生し、人々が楽しみながら亜熱帯樹林の中を散策できる園路があります。そこに設けられた既設の橋が腐食した為、改修工事となりました。材料選定では耐腐食性と耐塩害性が格段に優れていることから、GRP材が採用されました。深い樹林の中に流れる川に架けてあるため、架設は人力運搬で行われました。

完成:2011年4月







橋 長:W1.5m×L6.0~9.8m(10橋) 高 欄:GRP(引抜材) 床 板:GRP(引抜材)

構造材: GRP(引抜材)



平川動物公園 鹿児島県鹿児島市







鹿児島県鹿児島市にあり、桜島と錦江湾がバックに広がるロケーションに位置します。ここに設置されたトラス橋は、日本で初めて公共に供されたGRP引抜材による、トラス構造の橋です。橋台基礎地盤の掘削を最小限にしたいという観点から、GRPの軽量性が評価されました。

完成: 2009 年 8 月



橋 長:W 2.0m×L 14.3m 高 欄:GRP(引抜材)

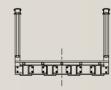
床板:再生木材 構造材:GRP(引抜材)

GRP BRIDGE 桁橋 **GRP BRIDGE** 

## 桁橋

桁橋は、最も一般的な橋梁形式です。

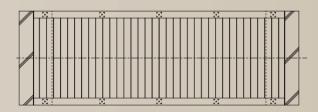
横にかけた橋桁によって橋面を支える方式でつくられた橋のことです。 GRP(GFRP) 桁橋は、主桁に大きな断面積のGRP引抜成形材である、 ダブルビームなどが主に利用されています。



## GRP(GFRP) 桁橋の機能的特性

- GRP(GFRP) 桁橋は軽量なので、既設基礎の利用を検討できます。
- ●構造部を鋼材と組み合わせることで、橋長をのばすこともできます。
- 床板はノンスリップ加工(砂目地)を施しており、表面が塗れたり苔がはえても安全に 通行できます。(床板は再生木材に変更も可能です。)
- ●メンテナンスの行き届かない山の中や僻地でも、腐食しないので長期間安心して 利用できます。





## 人力でしか架設できない場所での施工例 (クレーンが侵入可能な場合は地組して一括架設も可能)

にぎわい回廊 霧島工区

鹿児島県霧島市



霧島は雄大な山々が連なり、自然と人との関わりの中 にあり、自然の恵に満ち溢れています。 自然環境保全、自然とのふれあいを推進する整備事業

が行われ、霧島の渓流が流れる場所に橋を架けました。 重機や機械が搬入出来ない事等があり、軽量で、人力 施工が可能なGRP材が採用されました。

橋の架設により、利便性が向上し安全性が確保がされ

完成:2015年1月





橋 長:W1.7m×L5.36m W 1.7m×L 4.94m

高 欄:GRP(引抜材) 床 板:GRP(引抜材) 構造材: GRP(引抜材)

## 人力でしか架設できない場所での施工例(クレーンが侵入可能な場合は地組して一括架設も可能)

#### 立田山憩いの森 熊本県熊本市

立田山は住宅地の中にありながら、自然が残される場所で、市民の憩いの場となっています。 この場所にあった既設の木製橋が腐食したため、 耐腐食性に優れたGRP材にて橋を改修しました。 高欄や床材には木材を使用しています。

完成: 2021年2月





橋 長:W1.5m×L3.6m

高 欄:杉(防腐注入材) 床 板:GRP(引抜材)

構造材:GRP(引抜材)





橋 長:W1.2m×L8.2m 高 欄:杉(防腐注入材) 床 板:杉(防腐注入材) 構造材:鋼材

#### 菊池渓谷 熊本県菊池市

菊池川上流、水源にある菊池渓谷に掛かる木橋を改修しました。人力での運搬・施工が条件となり、軽量且つ高強度な、GRP材が選定されました。GRP床板はノンスリップ加工が施してあり、雨で路面が濡れた際にも安心して通行することができます。

完成: 2021年3月













## 人力でしか架設できない場所での施工例 (クレーンが侵入可能な場合は地組して一括架設も可能)

#### 平和祈念公園 沖縄県糸満市

平和祈念公園は、近年増加する公園利用者の多様なニーズに対応した、施設内容の一層の充実を図る整備を進めています。 その整備の一つとして、地盤のくぼみを横断する

その整備の一つとして、地盤のくぼみを横断する 為に計画設置された桁橋です。平和祈念公園は険 しく美しい海岸線を眺望できる台地にあります。 その為、塩害や錆びへの耐久性が高い GR P 材が 採用されました。

完成: 2021年5月









橋 長:W1.8m×L4.8m

高 欄:アルミ合金 床 板: GRP(引抜材) 構造材: GRP(引抜材)

#### 伊礼原遺跡 沖縄県北谷町









橋 長:W2.0m×L3.6m W2.0m×L3.6m

床 板: GRP(引抜材)構造材: GRP(引抜材)基 礎: ピンファウンデーション

## 人力でしか架設できない場所での施工例 (クレーンが侵入可能な場合は地組して一括架設も可能)

#### 中城公園自然環境共生エリア 沖縄県北中城村





中城公園は沖縄本島中部に位置し、良好な歴史的、文化的環境を保持した広域公園です。 公園の中心をなす中城遺跡は、世界自然遺産に登録されています。自然環境共生エリアの整備計画をする 中で、山間から水が流れてきて湿地や水路を形成している場所に橋を架けました。 完成:2014年9月



橋 長: W 2.0m×L 6.4m 高 欄: GRP(引抜材) 床 板: GRP(引抜材) 構造材: GRP(引抜材)

#### 多布施川河畔公園人道橋 佐賀県佐賀市

多布施川河畔公園は「身近な水辺で自然とのふれあい」を テーマとした公園です。ここに生育する生物のための空間 整備を行っています。改修した橋は、せせらぎ漂う雰囲気 のある河畔に掛かる橋で、散歩やジョギングをする人が行 きかっています。この付近は湿度が高いので腐食に強い、 GRP床板が採用されました。

完成:2018年5月





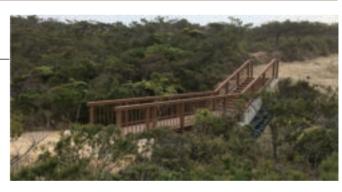
橋 長:W 2.5m×L 5.5m 床 板:GRP(引抜材) 構造材:鋼材



慶良間諸島国立公園 沖縄県渡嘉敷村

慶良間諸島国立公園内にある桁橋を整備しました。 材料を検討する中で、塩害に強く軽量なGRP材が採用されました。また、その特性を活かし、搬入と架設を人力で行いました。見花原展望所へ向かう谷筋にあり、階段を登ると慶良間の青い海と沖縄本島が眺望できます。

完成:2016年3月







橋 長: W 1.5m×L 11.9m 高 欄: GRP(引抜材) 床 板: GRP(引抜材) 構造材: GRP(引抜材)

## 人力でしか架設できない場所での施工例 (クレーンが侵入可能な場合は地組して一括架設も可能)

#### 白川水源木橋 熊本県阿蘇郡南阿蘇村





白川水源は水神を祀る白川吉見神社の境内にある水源です。境内の周回園路としての橋を改修しました。 建設機械の侵入が制約される神社境内で既設石積護岸と法面へ与える影響が少ない工法が必要となり、ビンファウンデーション基礎を使用しました。

完成:2019年7月





橋 長:W1.5m×L9.6m 高欄:杉(防腐注入材) 床 板:杉(防腐注入材) 構造材:鋼材

基 礎:ピンファウンデーション

#### 家田川管理用通路

宮崎県延岡市



家田湿原は地区住民で構成される「家田の自然を守る会」の方々による、環境保全活動により守られています。 山からの水が大きな湿地帯を作り、春には様々な植物が 生息する場所を、人が歩けるように水路に橋を架けまし た。湿度が高いので、構造材には耐腐食性のあるGRP 材を使用、基礎には軟弱地盤に対応できるピンファウン デーションを使用しています。

完成: 2018年4月





橋 長:W 2.0m×L 3.0m (6橋) 床 板:杉(防腐注入材)構造材:GRP(引抜材)基 礎:ピンファウンデーション

## 人力でしか架設できない場所での施工例(クレーンが侵入可能な場合は地組して一括架設も可能)

#### 筑後広域公園 福岡県筑後市





橋 長:W2.7m×L6.1m W3.7m×L9.5m W2.7m×L5.8m W2.7m×L6.2m W2.7m×L4.7m 高 欄:杉(防腐注入材) 床 板:杉(防腐注入材) 構造材:鋼材 筑後川広域公園は筑後市とみやま市にまたがり、東西約4キロメートル、県内最大の県営公園です。矢部川右岸地域に川の氾濫を想定し、受け皿として整備されました。公園のエリア内を矢部川の支流である沖端川が流れており、橋は連絡橋として架けられました。桁は鋼材で高欄や床板は周囲の景観に馴染むように、木材化粧しています。

完成:2016年9月



## 歩道の無い橋で歩行路を確保する為の側道橋

#### 川久保側道橋 側道橋

#### 福岡県大野城市

大野城市は福岡市に隣接し、幹線道路や鉄道が通る 好立地であることから、同市のベッドタウンとなっ ています。橋の設置場所は川久保の住宅地で、近く に小学校があり、通学時に車と接触の危険性が高か った為、車との遮断を目的として側道橋が整備され ました。床板はノンスリップ加工がしてあるGRP 材を使用し雨の日でも安心して通行できます。

完成:2014年3月









橋 長:W 2.0m×L 7.6m

高 欄:GRP(引抜材) 床 板:GRP(引抜材) 構造材:鋼材

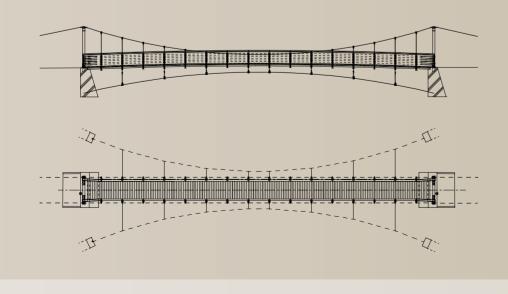
## 吊橋

吊橋は、桁をケーブルで吊った構造です。

吊構造はケーブルに引張力のみ作用します。座屈などの不安定現象の心配が無いので、部材を細くしたり、大スパン構造にできます。

## GRP(GFRP) 吊り橋の機能的特性

- GRP(GFRP) 吊橋は軽量なので、既設ケーブルや基礎の利用を検討できます。
- 吊橋は橋長が長くなると荷重よりも自重が支配的となります。そこで、軽量かつ 高強度なGRP(GFRP) 材の特性が活かされます。
- GRP(GFRP) 材は軽量なので、山中や渓谷に架設の際、資材搬入コストを低減 することができます。
- 床板材はGRP(GFRP) 床板、再生木材、グレーチング等、用途に応じて変更可能です。
- メンテナンスの行き届かない山の中や僻地でも腐食しないので、長期間安心して 利用できます。



## 人力でしか架設できない場所での施工例

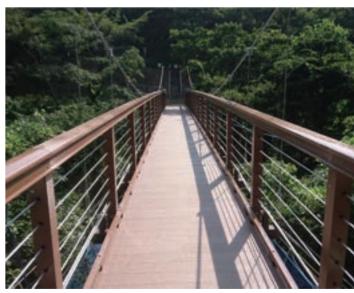
河内桜公園 福岡県北九州市



新日鉄八幡製鉄所の工業用地である「河内貯水池」にある公園です。公園内にある老朽化した吊橋を改修しました。 吊橋の腐食した床部木材を軽量で発錆も無く、腐食の心配が無いGRP材に交換しました。そのため期待する耐久年数が大幅に延長されました。

完成:2016年9月





橋 長:W1.4m×L30.0m

高 欄: GRP(引抜材) 床 板: GRP(引抜材) 構造材: GRP(引抜材)

## 人力でしか架設できない場所での施工例

#### 神川町吊橋 埼玉県児玉郡神川町



鳥羽川河川公園近くにある渓流にかかる老朽化した 吊橋をGRP材を用いて改修しました。 様々な工法を比較検討する中で、吊橋の撤去も検討 されましたが、GRPの高耐久性、軽量性、施工性、 経済性などを活かすことで、吊橋の形態を残しつつ 長寿命化を図ることが出来ました。

完成: 2021年3月

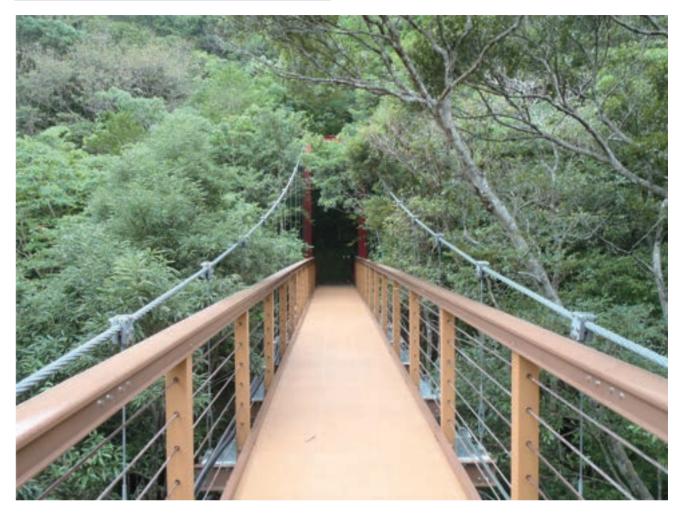






橋 長: W 2.0m×L 18.0m 高 欄: GRP(引抜材) 床 板: GRP(引抜材) 構造材: GRP(引抜材)

#### 比地大滝吊橋 沖縄県国頭郡



亜熱帯の深い森に囲まれた約 26mの落差をもつ沖縄本島最大の滝へと導く吊橋です。外国産木材で製作された部分の腐朽が進行し、改修となりました。高耐久且つ軽量素材のGRP材が採用され、改修が困難な施設の長寿命化を実現しています。 完成: 2013 年 6 月





橋 長:W1.5m×L50.0m 高 欄:GRP(引抜材) 床 板:GRP(引抜材) 構造材:GRP(引抜材)

## 人力でしか架設できない場所での施工例

#### ふいご橋 徳島県吉野川市



徳島県最大の「銅山・高越鉱山」があった吉野川市山川町にある鞴(ふいご)橋の床組を改修しました。既存の天然木材の床板より軽量で、高耐久素材であるGRPグレーチングを床板に採用しました。グレーチング形状のため、雨水等が滞留せず、また表面にノンスリップ(砂面加工)を施しているため滑りにくく、安全に渡ることが可能となりました。GRP部材を茶色に塗装することにより渓谷美に映える吊橋となっています。

完成: 2020 年 4 月





橋 長:W 2.68m×L 28.24m

高 欄:ワイヤー 床 板:GRP(グレーチング)

構造材:鋼材



【改修前】

#### 霧島山 水路管理橋 鹿児島県霧島市



鹿児島県と宮崎県にまたがる火山群の総称が、 霧島山です。そこで長年利用されてきた管理橋 の老朽化が進み危険な為改修されました。山々 が連なる山中にあるので、メンテナンス作業の 軽減と、発錆と腐食の無い素材との要望により、 床構造はGRP材となりました。地域性と景観 性を考慮した吊橋となっています。

完成:2014年3月





橋 長:W1.0m×L27.4m

高 欄:ワイヤー・ナイロンネット床 板:GRP(引抜材)縦桁・横桁:GRP(引抜材)

## 人力でしか架設できない場所での施工例

#### 抱返り渓谷歩道 秋田県仙北市





抱返り渓谷は東北の耶馬渓と称され、渓流がとても 美しく、新緑と紅葉の名所です。

現地は豪雪地帯でもあり、積雪3mの条件で設計されたこの吊橋は、急峻な崖に沿うハイキングコースに架けられています。軽量性と耐久性が評価されて、GRP引抜材が横桁と手摺柱に採用されました。

完成:2007年9月





クイナ湖畔吊橋

#### 沖縄県国頭郡

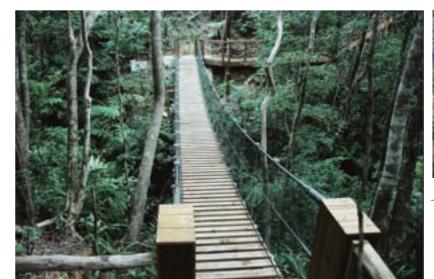
採用されました。

世界自然遺産に登録された、「やんぱるの森」 を探索する園路内にある吊橋です。 景観を考慮した吊り橋で、床板には木材が使 用されています。構造部には発錆と腐食が無 くメンテナンス作業を軽減できるGRP材が

完成: 2006年12月









橋 長:W 0.8m×L 19.0m 高 欄:ワイヤー・ナイロンネット

床 板:琉球松 縦桁・横桁:GRP(引抜材)

橋 長:W1.5m×L40.5m 高 欄:GRP(引抜材)·杉

床 板:杉

横桁・手摺柱:GRP( 引抜材 )

VI 製法 (Vacuum Infusion) **GRP BRIDGE** 

## VI 製法 (Vacuum Infusion)

## VI 製法 技術契約

VI 製法は、オランダのデルフト工科大学及びオランダ応用化学研究機構出身の技術者が集まって開発された 工法です。弊社はその技術の権利を所有しているオランダ企業と技術契約を結び、2014年から日本で橋梁 の製作をしています。

社内の技術者をオランダへ派遣し技術を習得、オランダからエンジニアを自社工場へ招聘し、そのテクノロ ジーを学び確かな技術を身に着けてきました。







Leegh Water Bridge(15mW×15mL) 車両橋用床版は VI 製法で製作

#### Vacuum Infusion 積層材の物性値

実験で得た物性値		ガラスマットの繊維方向	ガラスマットの繊維方向と直角		
引張強さ	(Mpa)	520	209		
曲げ強さ	(Mpa)	660	345		
せん断強さ	(Mpa)	179	108		
圧縮強さ	(Mpa)	366	196		

#### 塗装

GRP(GFRP)ボックス桁の50年以上の耐久性を見据え、 紫外線、水、あるいは温度変化などの影響で、いささかでも 積層材の強度に劣化が起こらないように、橋体を完全に塗装 しメンテナンスイージーを目指しています。下塗りにはエポ キシシーラー、上塗りにはフッ素樹脂塗料で塗装を行います。 床板の歩行面は、砂粒をエポキシ樹脂で固めたすべり止め加 工が施されています。



## Vacuum infusion (インフュージョン成形とは)

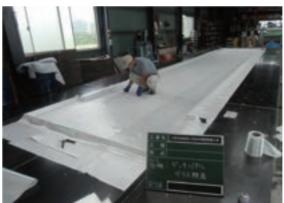
型の上に重ねたガラス繊維マット全体をフィルムで覆って密閉し、ガラス繊維層の空気を抜いて安全な真空 状態を作ります。次に、真空の力を利用してガラス繊維層にポリエステル樹脂を注入し、隅々まで行き渡ら せて、均一で強靭なGRP(GFRP) 積層材を造ります。この製造方法を Vacuum Infusion(VI) バキューム インフュージョンと称しています。この製法は風力発電の風車の大きな羽根や、ヨットの船殻の製作にも用 いられます。GRP(GFRP) 橋梁の構造部材には、この製法による積層材が使われています。

ガラス繊維の含有率が高く、軽くて強靭な積層材が得られ、しかも非常に大きいサイズの積層板が製作でき る利点があります。

## VI 製作イメージ バギングフィルム ガラス繊維層 シーラントテープ

※短時間で、一度に大型の積層板を製作することが可能です。

#### VI 床板 製作工程







製作状況 2





VI 床板接着状況

床板 (1.2mW×12.0mL)

## 研究・開発・各種試験

## ~最先端の技術を安全に~

弊社技術の安全性を確認するため、大学の研究室、公的機関の協力を得ながら各種検証 を実施しています。

## 振動計測実験 (協力:大阪市立大学・京都大学)

大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻、橋梁工学研究室・京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻、構造力学分野および社会基盤創造工学分野・土木学会委員の方々の協力のもと、2019年10月に架設した浦添大公園連絡橋(横断歩道橋)で振動計測実験を実施しました。

#### 実験方法①(歩行)

歩道中央、端部の2か所でそれぞれ1人で歩行(2Hz)し 歩道橋の振動応答を計測(各10分)

#### 実験方法②(衝撃)

橋上3か所にそれぞれ人による衝撃力を加えて、歩道橋の 振動応答を計測。

人が飛び降りる周辺にセンサを設置し衝撃力を測定(10分)

#### 実験方法③(常時振動計測)

歩道橋や橋梁下を通過するトラックなどの風圧により 対象橋梁の常時振動を計測。(各10~20分)









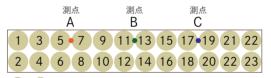
## 載荷試験 (協力:兵庫県工業技術センター)

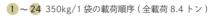
2m×12mの実験橋 (人道橋、緊急時 1.5 トン車両通行可)を用いて兵庫県工業技術センターとの共同研究一環として載荷実験を行いました。

実験橋に、24袋 (1袋 350kg、合計 8.4トン) を床板全面に均等に載荷し、載荷過程に伴う桁のたわみ量を測定しました。

全載荷の状態で24時間放置し、その後脱載荷をしたところ、脱載荷直後に桁のたわみは殆ど解消されていました。また、2時間後には完全に載荷前の状態に戻ったことが確認されました。

ひずみ計を 10 ヶ所に設置し、載荷に伴う部材のひずみ量を測定しました。測定した箇所のうち、 最大のひずみは桁底部中央で測定されました。全載荷を 24 時間保持した後のひずみ量より算出し た応力値は、実験で得た部材の引張り強さの 1/40 以下であり、構造部材として安全であることが 確認されました。







半載荷での計測



全載荷での計測



中央に 3t 載荷での計測



床板の曲げ試験

GRP BRIDGE 研究・開発・各種試験

## ボックス桁の接着接合



接着接合の破壊試験

接合されるGRP積層材が破壊され、 適正な接着剤による接合であること が確認されました。 耐久性のある強い接着接合は、適切な接着剤の選択と正しい接合作業を行うことで可能になります。

当社はビニルエステル樹脂が母材の積層材を使い、接着剤には ビニルエステル樹脂よりも強い構造用の接着剤を用いて、強固 で耐久性のある接着接合を行っています。

FEM解析による、全載荷時の接合部位にかかるせん断力が、 実験で得た接着強度よりはるかに小さいことも確認しています。 接着剤による積層材の接合は、ボルト接合に比べ積層材を損傷 せず、積層材を長い年月健全に保つ接合方法です。

接着剤による積層材の接合は、FRP船の組み立てや風力発電の巨大な風車の羽根の組み立てにも採用されています。船体は絶えず波の衝撃とその振動を受けており、また風車の羽根は絶え間なく大きな風の圧力を受けて回転し続けています。長い年月過酷な自然現象にさらされ、大きな力を絶え間なく受け続けても接着面が破壊されて、構造全体がそこなわれるようなことはありません。

## 接着引張試験 (協力:熊本県産業技術センター)

VI 法ボックス桁橋は、接着接合を採用しています。 橋梁に適用している接着接合安全性を確認するため、 熊本県産業技術センターで接着強度試験を実施して います。







## 橋梁の接続に関する実験 (協力:熊本大学)

熊本大学、くまもと水循環・減災研究教育センター協力の もと、製作可能な橋の延長をより長くすることを目標とし、 構造材継手についての実験を実施しています。

2000kN の万能試験機を用いて材料・接合部の試験を実施するなどして、弊社の橋梁製作に適した継手による接続方法をみつけて、より長いサイズの橋梁製作を目指し引き続き研究を進めていきます。



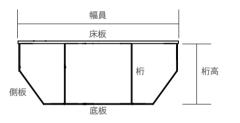
2000kN の万能試験機を用いて 実施した試験状況

## ■ボックス桁の基本構造

橋体は側板、桁、底板、床板及びエンドパネルで構成されています。

床板は発泡樹脂板をガラス繊維層で挟んだサンドイッチ 構造です。

各部材は接着剤で強固に確実に接合されて、一体ものの ボックス桁となります。





GRP BRIDGE 研究・開発・各種試験

## 曲げ・せん断載荷実験 (協力:ものつくり大学)

ものつくり大学、橋梁工学研究室の協力のもと、計算上の数値と実情を比較して、安全性等を照査することを目的とし、実物大の約 1/2 サイズのテスト橋で曲げ、せん断試験を実施しました。

#### ■曲げ載荷試験

●供試体:実橋の約 1/2 スケール (長さ 6.3m×幅 1.27m) のものを使用。

●使用試験機:3000kN 万能載荷試験機

●実験方法:2点載荷4点曲げ載荷実験を行い、床板や桁が終局状態を迎える際の耐荷力と破壊状況を調査。

●実験結果:設計最大曲げモーメントに相当する計画値は、床板破壊時の曲げモーメントに 対して、5.9 倍の安全率を有しており、実橋の安全性は十分であるといえる。









#### ■せん断載荷試験

●供試体: 実橋の約 1/2 スケール (長さ 6.3m×幅 1.27m) のものを使用。

●使用試験機:3000kN 万能載荷試験機

●実験方法:1点載荷3点曲げ載荷実験を行い、桁もしくは支点上ダイヤフラムが終局状態 を迎える際の耐荷力と破壊状況を調査。

●実験結果:設計最大支点反力に相当する計算値は、端支点の支圧による破壊に対して 15.4 倍の安全率を有しており、実橋の安全性は十分であるといえる。











GRP BRIDGE

## GRP(GFRP)橋梁 設計基準

#### 人道橋 標準設計基準

	人 道 橋					
	基本型	簡易型				
床板	5.0KN/m²	5.0KN/m²	3.5KN/m²			
主構造及び基礎	3.5KN/m²	3.5KN/m²	3.2KN/m²			
高欄水平力	2.5KN/m	1.5KN/m	0.4KN/m			
たわみの許容値	L/600	L/600	L/400			
風荷重	4.5KN/m²	4.5KN/m²	3.0KN/m²			
地震	地域別に算出					
雪荷重	架設地点の実績に応じる					

#### 設計基準設定の参考文献

GRP(GFRP) 橋梁の設計は下記の文献に示されている諸基準や推奨に従っています。

建築基準法、道路橋示方書・同解説、立体横断施設技術基準・同解説、小規模吊橋指針・同解説、FRP橋梁・技術とその展望 (公社) 土木学会、FRP構造設計便覧 (一社) 強化プラスチック協会 Eurocomp Design Code and Handbook

European Standard(EN)
CUR Recommendation 96



#### 標準モデルに用いている設計条件

 床板
 5.0KN/m²
 風荷重
 4.5KN/m²

 主桁
 3.5KN/m²
 地震
 Ko=0.2

たわみ許容値 L/400 雪荷重 架設地点の実情に応じる

#### 設計上の安全率

主要構造部材に GRP(GFRP) 材が使われている 橋梁設計安全率は、材料特性、構造特性、製造状況、 施設使用状況等の観点から検討する必要があります。 しかし、現在世界各国で明確に統一された規定はな く、各国の業界団体、メーカー等が独自に諸コード を参考に定めているのが現状です。

当社では、European Standard(EN) BUEV-Empfehlungen

及び FRP 構造設計便覧に則って安全率 3.2 ~ 4.0 を設計上採用しています。



## ボックス桁の標準モデル

幅員	橋種	橋長	6m	9m	12m	15m	18m	21m	24m
	桁高 mm	255	295	455	_	_	_	_	
1.5m	Type 1 歩行者専用	桁の本数	1	1	1	_	_	_	_
		橋体重量 kg	661	983	1387	_	_	_	_
		桁高 mm	255	295	455	675	875	1075	1275
	Type 1 歩行者専用	桁の本数	1	1	1	1	1	1	1
		橋体重量 kg	797	1182	1651	2231	2894	3636	4459
	Type 2	桁高 mm	258	298	458	678	878	1078	1278
2.0m	歩行者専用 緊急時 1.5 t 車両	桁の本数	2	2	2	2	2	2	2
	通行可	橋体重量 kg	943	1408	1996	2735	3579	4529	5585
	Type 3	桁高 mm	264	304	464	684	884	1084	1284
歩行者専用 緊急時 4 + 東面	歩行者専用 緊急時 4 t 車両	桁の本数	2	2	2	2	2	2	2
	通行可	橋体重量 kg	1035	1546	2180	2965	3855	4851	5953
		桁高 mm	_	295	455	675	875	1075	1275
	Type 1 歩行者専用	桁の本数	_	2	2	2	2	2	2
	21311 373	橋体重量 kg	_	1696	2378	3214	4154	5200	6352
	Type 2	桁高 mm	_	298	458	678	878	1078	1278
3.0m	歩行者専用 緊急時 1.5 t 車両	桁の本数	_	3	3	3	3	3	3
	通行可	橋体重量 kg	_	1977	2796	3810	4949	6221	7626
	Type 3	桁高 mm	_	304	464	684	884	1084	1284
	歩行者専用 緊急時 4 t 車両	桁の本数	_	3	3	3	3	3	3
1 1	通行可	橋体重量 kg	_	2185	3072	4156	5364	6705	8179

1. 支間長 橋長-0.5m

2. 桁の反り (キャンパー) 橋長 × 0.02(2%)

3. ボックス桁の重量 高欄、支承の取り付け金具、床板の滑り止め砂加工等の重量は含まれていません。 4. 車両通行時 Type 2 Type 3 において車両通行時の床板のたわみ制限は適用されません。

5. 塗装 ボックス桁の 50 年以上の耐久性を見据え、紫外線や水などの影響でいささかでも

積層材の強度や接合部に劣化が起こらないように、目的に適う最善の塗料を選択し、

桁全体を完全に塗装し、メンテナンスの極少化を目指しています。

6. 歩行面 床板の歩行面は砂粒を樹脂で固めた滑り止め加工を施しています。

GRP BRIDGE

## GRP(GFRP)橋施工フローチャート

#### (ボックス桁 Vacuum infusion 工法)

5



工場で製作





特殊トレーラーに積み込み



アンカーボルトと桁固定



現場へ搬入



桁設置完了



高欄取付け



完成

#### 保険制度

弊社では、より安心してご使用頂く為に、(一社)日本公園施設業協会会員専用の 総合賠償責任保険に加入しています。

- ○公園施設業協会の実態に合わせ、特別に設計された保険制度です。
- ○(一社)日本公園施設業協会が全国の会員を対象とした団体契約を締結しています。

#### 製造物・完成作業リスク

弊社の製造販売した製品で万一、設計制作上の欠陥 及び瑕疵に起因し他人の体や財物に損害を与えた場合は約款にしたがって保険金を支払うものです。

#### 保険内容

- ●人身事故 1 事故あたり補償限度額・・・・5 億円
- ●財物事故 1 事故あたり補償限度額・・2000 万円

#### 施設・業務遂行リスク

弊社が製品を設置するにあたり、他人の身体や財物 に損害を与えた場合は約款にしたがって、保険金を 支払うものです。

#### 保険内容

- ●人身事故1事故あたり補償限度額・・・・5億円
- ●財物事故 1 事故あたり補償限度額・・2000 万円

※約款に定めていない事項については日本国の法令に準拠するものとします。 ※事故発生の場合、補償限度額の範囲内で実際の損害額が補償されます。

## 海外での施工事例 (VI-GFRP ボックス桁橋)





ダンツマディールの橋 (オランダ)

2m(W)×17m(L) 床板:GFRP(Vacuum Infusion/VI法)

人道橋 2013 年施工



ユトレヒトの橋 (オランダ)

5.0m(W)×12.0m(L) 床板:GFRP(Vacuum Infusion/VI 法) 人道橋 2009 年施工



緊急車両6トン通行可