



Holz-UHFB-Verbundbrücke, Arth (SZ)

Version française

Spezialbrücke (Traglast 40 t) zum Güter- und Holztransport

Verbundkonstruktion mit Brettschichtholzträger und Brückenplatte aus Ultra-Hochleistungs-Faserverbund-Baustoff (UHFB)



Die fertige UHFB-Holz-Brücke

Allgemeine Informationen

Ausführungsort:	Rigi-Fruttl, Arth (SZ), 2'681'696 / 1'210'140
Bauherrschaft:	Unterallmeind Korporation Arth
Projektleitung:	Ingenieurbüro Edgar Kälin AG / neue Holzbau AG Lungern
Bauleitung:	HSK Ingenieure AG
Bauausführung:	Contratto AG (Baumeister), Strüby AG (Holzbau), Walo AG (Belag)
Realisierungsjahr:	2020

Funktion / Anwendungsgrenzen

Brückenbauwerke sind Kunstbauwerke und dienen zur Überbrückung von Hindernissen wie Bächen, Schluchten etc. Die Nutzungsanforderungen an Brücken als Teil der forstlichen Erschliessungsanlagen richten sich nach den Bedürfnissen moderner Holzernemaschinen. Bei forstlichen Erschliessungen kommen zur Überbrückung von kleinen Hindernissen (Bächen, Geländeeinschnitte etc.) oft einfache Balken-Brückenbauwerke zum Einsatz. Dafür stehen verschiedene Baumaterialien zur Verfügung. Bei Verbundkonstruktionen kumulieren sich die positiven Eigenschaften der verschiedenen Baustoffe. Am häufigsten werden Stahlbetonbrücken erstellt, da der Werkstoff Stahlbeton sehr verbreitet ist. Stahlbetonkonstruktionen können hohe Kräfte aufnehmen. Nachteil ist die relativ lange Bauzeit u.a. weil die Betonplatte zwingend abgedichtet werden muss. So muss oft eine Umfahrung eingerichtet werden. Zudem ist die Betonherstellung energieintensiv. Reine Stahlbrücken werden heutzutage eher selten gebaut, der Baustoff Stahl kommt aber oft in Kombination mit Beton zum Einsatz. Holz als Baustoff bietet den Vorteil, dass es ökologisch und regional verfügbar ist. Im Gegensatz zu Beton und Stahl ist es weniger druckfest, dafür leicht und kann schnell verbaut werden. Ultra-Hochleistungs-Faserverbund-Baustoff (UHFB) ist ein relativ neuer Baustoff. Im Gegensatz zu Beton bleibt UHFB dauerhaft rissfrei, wasserdicht, hat keine Kapillarporen und ist voll frosttausalzbeständig. Die Druckfestigkeit ist ähnlich wie bei Stahl, während etwa dieselben Zugkräfte wie bei Holz aufgenommen werden können.



Abbildung 1: Vergleich von UHFB (oben) und Beton (© ETH Lausanne)

Beim vorliegenden Bauprojekt wurde im Vorfeld sowohl eine klassische Betonbrücke als auch eine Verbundbrücke aus Holz und UHFB projektiert. Aufgrund der kürzeren Bauzeit und geringeren Baukosten fiel der Entscheid zugunsten der Verbundbrücke mit folgenden Eckdaten: Traglast 40 Tonnen, Breite 3.51 m, Länge 10.45 m, Tragkonstruktion aus 4 Brettschichtholzträger (260 x 520 mm), Fahrbahn aus UHFB (8.6 bis 14 cm), beidseitig 2 Betonwiderlager



Voraussetzungen Baugrund

Bei Brückenbauwerken dienen Widerlager als Bauteil zwischen der Brückenkonstruktion und der Erde und leiten die Kräfte in den Baugrund ab. Die Foundationselemente werden direkt auf bzw. in den Baugrund betoniert. Dabei ist wichtig, dass der Baugrund eine ausreichende Tragfähigkeit aufweist. Festgestein eignet sich ideal als Baugrund für die Foundationen. Im Lockergestein muss die Tragfähigkeit zuerst abgeschätzt werden. Das Tragverhalten des Baugrunds wird wesentlich dadurch beeinflusst, ob es sich um einen bindigen oder nichtbindigen Boden handelt. Allenfalls ist für die Lastaufnahme eine Baugrundverbesserung erforderlich werden. Mit der Dimensionierung der Widerlager kann zudem auf die unterschiedlichen Voraussetzungen des Baugrunds sowie die Nutzungsanforderungen eingegangen werden.

Gesetze / Normen

Normen:

- SIA 118 Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten
- SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 262 Betonbau
- SIA 265 Holzbau

Merkblätter:

- SIA 2052 Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) – Baustoffe, Bemessung und Ausführung

Projektierung

Normalie / Plan

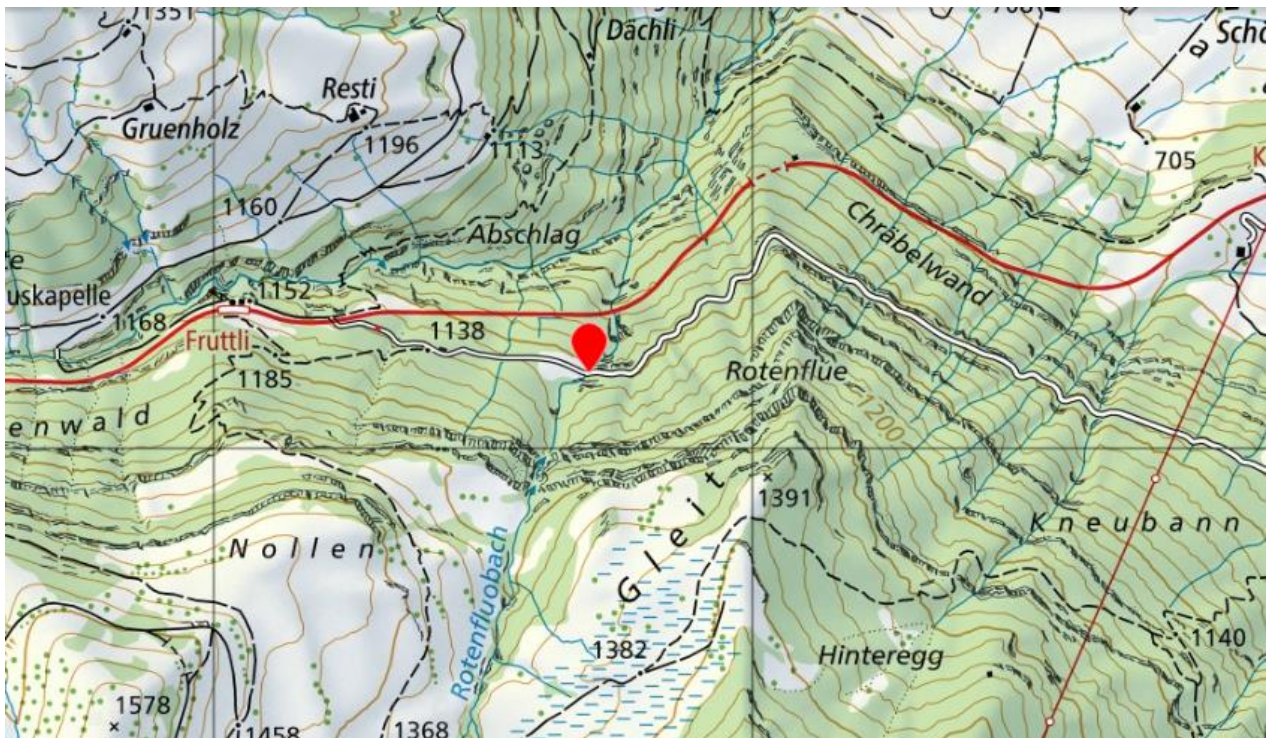


Abbildung 2: Geografische Lage der Brücke östlich der Station Fruttli der Rigi-Bahn (Quelle: Swisstopo)

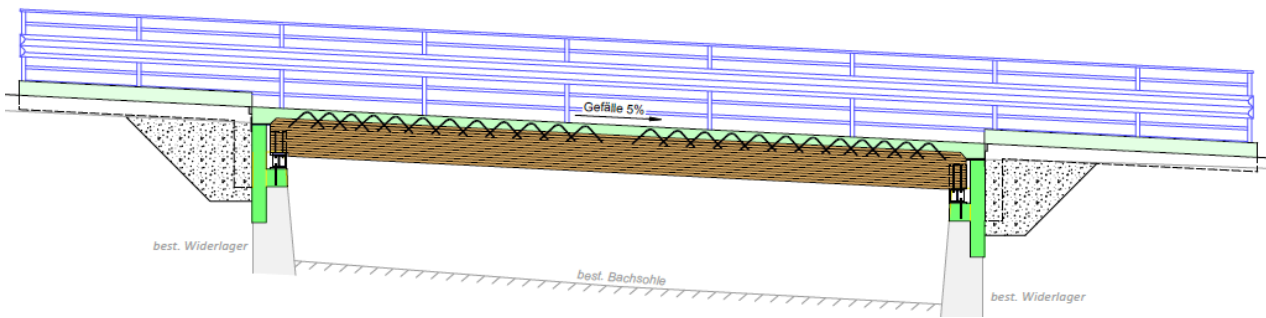


Abbildung 3: Längsschnitt der Brücke (Quelle: E. Kälin)

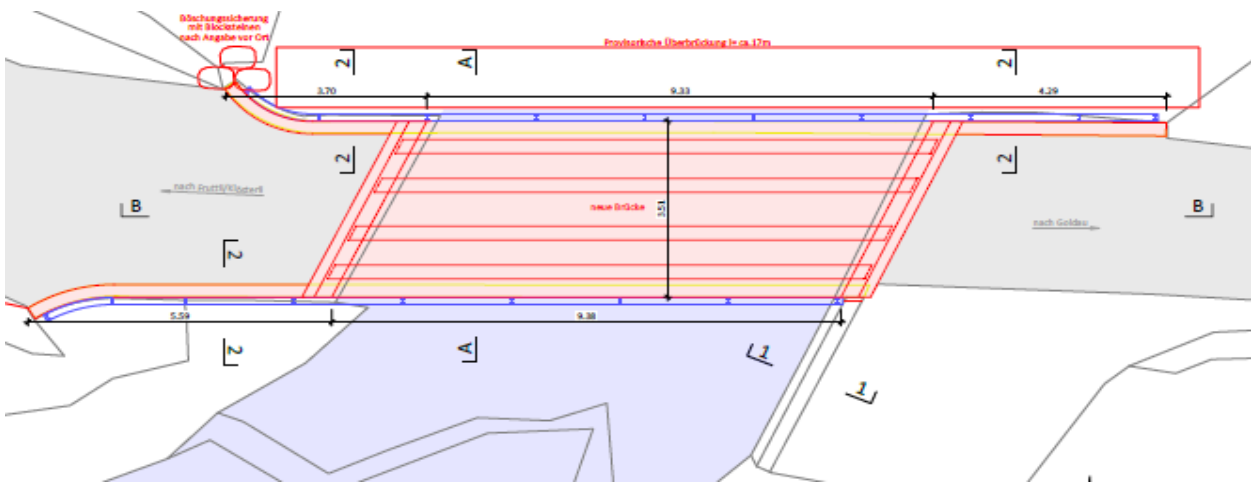


Abbildung 4: Grundriss der Brücke (Quelle: E. Kälin)

Tragwerksanalyse

Tragwerksmodell:

Zur Vereinfachung werden Bauwerke bei der Tragwerksanalyse in ein berechenbares Tragwerksmodell überführt. Im Falle einer Brücke wird beim Tragwerksmodell beispielsweise zwischen einem geraden Stabtragwerk (z.B. Balkenbrücke) oder gekrümmten Stabtragwerk (z.B. Bogenbrücke) unterschieden. Die statischen Modelle werden mit speziellen FEM-Softwares (Finite Elemente Methode) berechnet.

Im vorliegenden Projekt wurde eine einfache Balkenbrücke mit beidseitigen Widerlagern projektiert. Als Baustoffe wurden sowohl Beton als auch Holz/UHFB durchgerechnet. Das statische Modell war eine UHFB-Platte mit Holzunterzügen, mit dem die Querverteilung der Lasten abgeschätzt werden konnte.

Einwirkungen:

- Klima (Wind, Niederschlag, Temperatur etc.)
- Erosion durch den Bach
- Eigengewicht der Brücke
- Verkehrslast
- Schneelast
- Salz (Winternutzung)

Auswirkungen:

- Zug- / Druckkräfte, Biegemomente
- Quellen / Schwinden
- Risse / Ausfällungen (Betonfundament)



Bemessung

Brückenkonstruktion:

Der Brückenkörper und die Fundationen wurden für eine Auflast von 40 t bemessen. Die Brücke weist folgende Abmessungen auf:

- Länge: 10.45 m
- Breite: 3.51 m
- Querschnittshöhe: 66 cm

Die Tragkonstruktion bilden 4 Brettschichtholzträger (GL 32c, Höhe 52 cm, Breite 26 cm). Direkt darauf sind die Schalungen für die Fahrbahn angebracht. Die Verbindung zwischen der Holzkonstruktion und der Betonplatte wird durch einen GSA®-HBV (Holz-Beton-Verbund) hergestellt.

Fahrbahn:

Die Fahrbahn besteht aus einer UHFB-Platte mit einer Schichtstärke von 8.6 – 14 cm, welche dank ihrer Baustoffeigenschaften auch zur Abdichtung dient, die Holzkonstruktion vor Verwitterung schützt und tausalzbeständig ist. Zur besseren Rutsicherheit wurden Rillen eingefräst. Die durch das Fräsen aufstehenden Stahlfasern des UHFB wurden abschliessend abgeflämt.

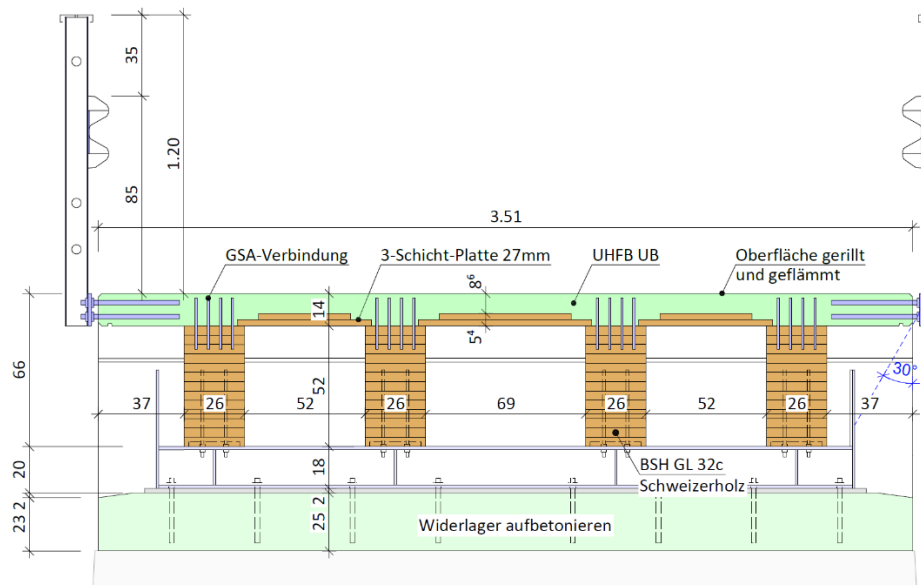


Abbildung 5: Quersprofil im Bereich der Widerlager

Fundationen:

Die Fundationen für die neue Brücke wurden auf den alten Widerlagern aufgebaut. Diese wurden horizontal abgetrennt, um einen sauberen Anschluss zu garantieren.

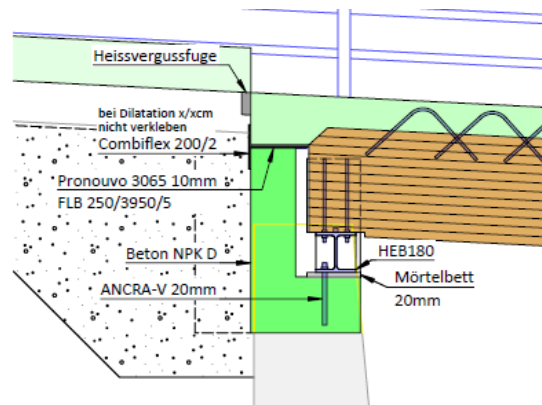


Abbildung 6: Widerlager West



Ø Kosten pro Einheit

Was?	Kosten pro lfm [CHF]	Kosten total [CHF]
Projektierung und Bauleitung	1'435	15'000
Baumeisterarbeiten	5'865	61'288
Holzbauarbeiten	2'161	22'586
UHFB – Lieferung und Einbau	3'944	41'215
Leitplanken	1'339	13'996
Vermessung	132	1'378
<u>Total</u>		<u>155'463</u>

Tun und Vermeiden

Materialien

Namen

Foundationen:

- Beton NPK D
- Stahlprofil HEB180 (Auflager für die Brücke)
- ANCRA-V 20 mm Verbundanker (Verbindung Beton-Stahlprofil)
- Trennlager Pronouvo 3065
- Fugenabdichtung Sikadur-Combiflex 200/2
- Mörtel (Mörtelbett)

Holzträger:

- Brettschichtholzträger GL 32c
- Gewindestabanker (Verbindung Holzträger-Fahrbahn)

Fahrbahn / Geländer:

- UHFB Typ UB
- ANCRA-V 20 mm Verbundanker (Verbindung Fahrbahn-Geländer)
- Leitplanken System 2111 Profil A
- Handlauf
- Reflektoren (beidseitig)

NPK Kapitel / Position

- 111.XXX.XXX Regiearbeiten
- 113.XXX.XXX Baustelleneinrichtung
- 131.XXX.XXX Instandsetzung und Schutz von Betonbauten

Mindestanforderungen

Verarbeitung Tipp

UHFB lässt sich grundsätzlich verarbeiten wie Beton. Horizontale oder dünnwandige Bauteile können mit einem flüssigen UHFB gegossen werden. Für Bauteile im Gefälle eignet sich ein UHFB mit thixotropen Eigenschaften. Die Herausforderung beim Einbau von UHFB ist, eine gleichmässige Oberfläche zu erhalten, da sich oberflächlich sehr schnell eine zähe, sogenannte „Elefantenhaut“ bildet. Im vorliegenden Fall wurde die Oberfläche mit einem Abziehbalken geglättet.

Ø Menge pro Einheit

UHFB: ca. 0.4 m³ pro lfm Brücke

Mittel

Maschinen und Geräte

Raupenbagger (10 t), Baustellendumper, Kranwagen (auf LKW), Kompressor, Silos zur lokalen Herstellung des UHFB, Betonflächenfertiger (Vibroblech), Handgeräte

Installation

Während den Bauarbeiten (rund 4 Wochen) war die Verbindung für den Verkehr gesperrt. Für Fussgänger wurde eine temporäre Fussgängerbrücke erstellt.

Ausführung

Absteckung -

Erdarbeiten -

- Arbeitsschritte
1. Baustelleninstallation
 2. Erstellen der prov. Fussgängerbrücke
 3. Abbruch der bestehenden Brücke
 4. Neue Widerlager schalen/armieren/betonieren
 5. Ausschalen und Stahl-Träger montieren
 6. Holzträger und 3-Schichtplatten als verlorene Schalung versetzen
 7. Abschalen/Bewehren
 8. Brückenplatte giessen
 9. Rillen fräsen
 10. Geländer montieren
 11. Div. Fertigstellungsarbeiten in der Umgebung

- Tun und Vermeiden
- Die fertig eingebaute UHFB-Oberfläche muss mit geeigneten Nachbehandlungsmassnahmen schnellstmöglich vor Sonneneinstrahlung, Kälte- und Windeinflüssen geschützt werden.
 - Bei der Verarbeitung von UHFB sind besondere Arbeitssicherheitsmassnahmen einzuhalten.

Sicherheit

Aufgrund des geringen Durchmessers der Stahlfasern im UHFB von nur 0.1 bis 0.2 mm müssen bei der Verarbeitung von UHFB Schutzhandschuhe getragen werden. Bei fertigen Bauteilen müssen allenfalls vorstehende Fasern abgeflämmt werden.

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- | | | |
|--|--|---|
| immer | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 9 lebenswichtige Regeln für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820) ▪ Notfallplanung (SUVA Publikation 67061) ▪ Arbeitsvorbereitung (AVOR) (SUVA Publikation 67124) | |
| | <input type="checkbox"/> Naturgefahren, Gebirge (SUVA Publikation 33019, 67154) | <input checked="" type="checkbox"/> Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang (SUVA Publikation 33016, 44002) |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Maschineneinsatz (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574) | <input checked="" type="checkbox"/> Graben und Baugruben (SUVA Publikation 67148) |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Strom auf der Baustelle (SUVA Publikation 67081, 67092) | <input type="checkbox"/> Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1) |
| | <input type="checkbox"/> Verkehr und Infrastruktur (SN 640886) | <input type="checkbox"/> Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034) |
| <input type="checkbox"/> 9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter -Bodenpersonal (SUVA Publikation 88819) | <input checked="" type="checkbox"/> Arbeiten am, im oder über Wasser (SUVA Publikation 67153) | |

Werterhalt

betrieblich

Der betriebliche Unterhalt von Kunstbauten wird losgelöst vom Fahrbahnunterhalt durchgeführt. Elementar für das Erhaltungsmanagement ist das Führen eines Inventars, wo Parameter wie Bauwerkstyp, Zustand etc. enthalten sind.

Bei Kunstbauten werden im Zuge des betrieblichen Unterhalts regelmässig Werksinspektionen durchgeführt. Kleinere Reparaturen wie das Austauschen von Pfosten etc. können ebenfalls beim betrieblichen Unterhalt durchgeführt werden.

baulich

Grundsätzlich ist der UHFB durch seine Eigenschaften (rissefrei, wasserdicht, tausalzbeständig) verglichen mit Beton sehr unterhaltsarm. Anders als bei einer Betonbrücke, gibt es weder eine Verschleisschicht oder eine Abdichtung, die erneuert werden. An der Fahrbahn und der Tragekonstruktion werden daher keine baulichen Unterhaltsmassnahmen erwartet.

Bauliche Unterhaltsmassnahmen werden aufgrund von Schäden, welche bei der Werksinspektion erfasst wurden, formuliert. Typische Schadbilder an den Betonfundamenten, welche einen betrieblichen Unterhalt erfordern können, sind beispielsweise Abrasion, Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) und Korrosion der Bewehrung.

Rückbau

Der Rückbau und das Recycling von Bauwerken aus verschiedenen Materialien (Verbundmaterial) ist grundsätzlich aufwändiger, da die Materialien in einem ersten Schritt voneinander getrennt werden müssen. Danach können sie wiederverwendet bzw. entsorgt werden.

Im Fall der UHFB-Holz-Verbundbrücke muss in einem ersten Schritt der UHFB vom Holz getrennt werden. Das Holz kann direkt als Sekundärrohstoff wiederverwendet werden. Der UHFB muss nach den gesetzlichen Vorgaben (Umweltschutzgesetz, Abfallverordnung) entsorgt bzw. recycelt werden. Massgebend für den Vollzug ist die BAFU-Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle.

Die klassische Methode zur Aufbereitung von Beton besteht im Zerkleinern des Betons, wobei die Stahlfasern durch einen Magneten aussortiert werden. Der Beton wird zu Betongranulat verarbeitet, welches bei Bauwerken/Betonen mit niedrigeren Werkstoffanforderungen zum Einsatz kommt (RC-Beton).

Als weiteres Verfahren zum Verbundstoffrecycling kann die elektrodynamische Fragmentierung angewendet werden. Dieses Verfahren ermöglicht es im Falle des UHFB, die Bestandteile des UHFB als neue «Zutaten» für Primärbeton zu verwenden. Das Verfahren beruht auf dem Prinzip, dass ultrakurze Unterwasserimpulse Festkörper selektiv fragmentieren, indem die Blitzentladungen bevorzugt durch den Festkörper entlang von Phasengrenzen verlaufen. Die herausgetrennten Bestandteile weisen die gleichen Eigenschaften wie Primärrohstoffe auf. Bisherige Versuchsanlage können bis zu 1 t Verbundmaterial pro Stunde in seine Bestandteile trennen. Zur Anwendbarkeit im grossen Massstab muss das Verfahren noch weiterentwickelt werden.

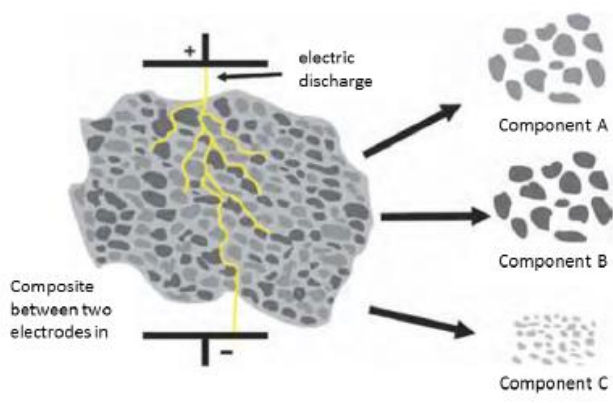


Abbildung 7: Prinzip der elektrodynamischen Fragmentierung (Karlstetter et al. 2014)

Haftungsausschluss:

Die vorliegende Dokumentation ist ein Erfahrungsbericht eines konkret realisierten Bauobjektes. Sie soll Planern und Ausführenden Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, zum Nachdenken über die eigenen Vorgehensweisen anregen und Anhaltspunkte zur ähnlichen Realisierung geben. Obwohl alle Sorgfalt bei der Erarbeitung der Dokumentation verwendet wurde, können Fehler enthalten sein und kann für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten weder eine explizite noch implizite Zusicherung und Gewährleistung abgegeben werden. Für die inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Auswahl lehnt die Fachstelle für forstliche Bautechnik jede Haftung ab. Bei Verwendung von Informationen zu eigenen Zwecken sind die übergeordneten Normen einzuhalten und sind die Angaben situativ an die eigenen Gegebenheiten anzupassen.

Die Nutzung der Daten erfolgt somit auf eigene Gefahr. Insbesondere ist die Fachstelle für forstliche Bautechnik nicht verantwortlich, wenn der Nutzer im Vertrauen auf die Fehlerfreiheit und Vollständigkeit der Inhalte Handlungen vornimmt oder unterlässt und ihm im Folgenden daraus ein Schaden erwächst.



Bilder (Quelle: Edgar Kälin / Peter Rogenmoser)



Abbildung 8: Schalungsarbeiten zur Betonierung der Widerlager



Abbildung 9: Schalung der Widerlager



Abbildung 10: Umleitung für Fussgänger während den Bauarbeiten



Abbildung 11: Versetzen der BSH-Träger mit vorbereiteter Tragkonstruktion für die äussere Schalung



Abbildung 12: Die an den äusseren BSH-Trägern montierte provisorische Schalung der Auskragungen



Abbildung 13: BSH-Träger, äussere Schalung und 3-Schicht-Platten fertig versetzt



Abbildung 14: Einbau des UHFB



Abbildung 15: Einbau des UHFB, Glätten der Oberfläche mittels Vibrobalken



Abbildung 16: Einbau des UHFB



Abbildung 17: Die fertige UHFB-Fahrbahn mit den gefrästen Rillen zur Erhöhung der Rutschfestigkeit

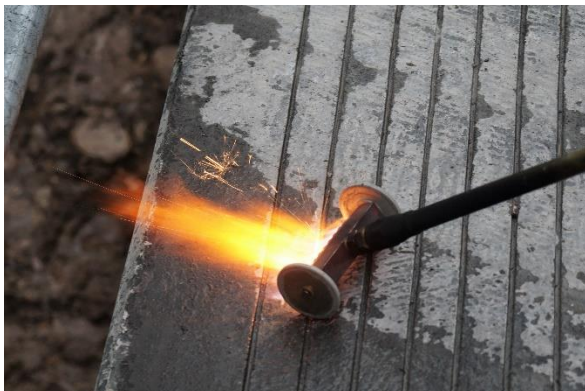


Abbildung 18: Ablämen der Stahlfasern, welche durch das Rillenfräsen freigelegt wurden



Abbildung 19: Die fertige Brückenuntersicht



Pont en structure mixte bois - béton BFUP, Arth (SZ)

Pont avec une portance de 40 to

Construction mixte avec poutres en bois lamellé-collé (BLC) et tablier en béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP)



Pont terminé

Informations générales

Lieu d'implantation :	Rigi-Fruttl, Arth (SZ), 2'681'696 / 1'210'140
Maître d'ouvrage :	Corporation de Arth (Unterallmeind Korporation Arth)
Direction du projet :	Ingenieurbüro Edgar Kälin AG / Neue Holzbau AG Lungern
Planification et direction des travaux :	HSK Ingenieure AG
Exécution des travaux :	Contratto AG (constructeur), Strüby AG (structure bois), Walo AG (tablier en béton)
Année de construction	2020

Fonctions / limitations

Les exigences d'utilisation des ponts pour l'exploitation forestière sont basées sur l'utilisation de machines modernes de récolte du bois. Dans le cadre de la desserte forestière, des structures de pont à poutres simples sont souvent utilisées pour franchir de petits obstacles (ruisseaux, ravins, etc.). Divers matériaux de construction sont utilisables à cet effet. Dans les constructions mixtes, les propriétés positives des différents matériaux de construction se cumulent. Les ponts en béton armé sont construits le plus souvent. Les constructions en béton armé peuvent absorber des forces élevées. L'inconvénient est le temps de construction relativement long. Il faut donc souvent mettre en place un contournement. En outre, la production de béton est une activité à forte intensité énergétique. Les ponts en acier sont rarement construits de nos jours, mais l'acier est souvent utilisé en combinaison avec le béton. Le bois en tant que matériau de construction offre l'avantage d'être écologique et disponible au niveau régional. Contrairement au béton et à l'acier, il est moins résistant à la pression, mais est léger et peut être installé rapidement. Le béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP) est un matériau de construction relativement nouveau. Contrairement au béton classique, le BFUP ne se fissure pas, est étanche, sans pores capillaires et résistant au salage. La résistance à la compression est similaire à celle de l'acier, tandis que la résistance à la traction sont à peu près les mêmes que celles du bois.



Illustration 2: Comparaison entre BFUP et béton classique

Pour le présent projet de construction, un pont classique en béton armé et un pont mixte en bois et en BFUP ont été comparés. En raison du temps de construction plus court et des coûts plus faibles, la variante bois-béton a été retenue avec les prérequis suivants : Capacité de charge 40 to, largeur 3,51 m, longueur 10,45 m, structure porteuse composée de 4 poutres en lamellé-collé (260 x 520 mm), chaussée en BFUP (8,6 à 14 cm), 2 culées en béton armé des deux côtés.



Prérequis géotechniques

Dans les ouvrages de franchissement comme les ponts, les culées servent de lien entre la structure du pont et le sol et permettent de transférer les forces dans le sol de fondation. Les culées sont bétonnées directement sur le sol. Il est important que le sous-sol ait une capacité portante suffisante et que la fondation soit hors gel. Dans les terrains meubles, il est nécessaire d'estimer la capacité de charge. Il peut être nécessaire d'améliorer le sous-sol afin de supporter la charge. Le dimensionnement des culées doit prendre en compte les différentes conditions du sous-sol et les exigences d'utilisation.

Lois / Normes

Normes :

- SIA 118 Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction
- SIA 260 Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
- SIA 262 Construction en béton
- SIA 265 Construction en bois

Notices :

- SIA 2052 Béton fibré ultra-performant (BFUP) - Matériaux, dimensionnement et exécution

Planification

Profils type / Plan

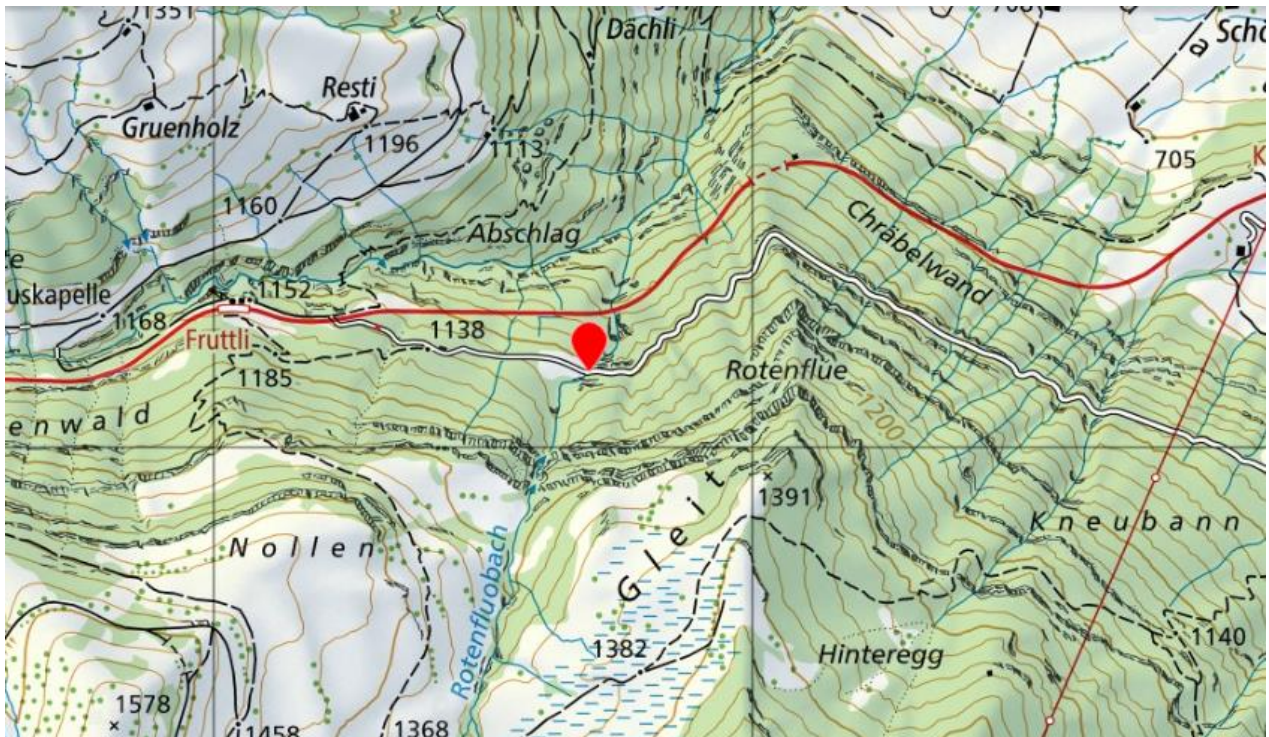


Illustration 2 : Situation géographique du pont à l'est de la télécabine du Rigi (plan de base : Swisstopo)



Dimensionnement

Construction du pont :

Le pont et les culées ont été dimensionnés pour une charge de 40to. Le pont présente les dimensions suivantes :

- Longueur : 10.45 m
- Largeur : 3.51 m
- Hauteur du profil : 66 cm

La structure porteuse est formée de 4 poutres en bois lamellé-collé (GL 32c, hauteur 52 cm, largeur 26 cm). Le coffrage de la chaussée se trouve directement au-dessus. La liaison entre la construction en bois et la dalle de béton est réalisée par le système GSA®-HBV (structure mixte bois-béton).

Chaussée

La chaussée est constituée d'une dalle béton BFUP d'une épaisseur de 8,6 à 14 cm qui, grâce aux propriétés du matériau de construction, sert également de couche d'étanchéité, protège la construction en bois des intempéries et résiste au sel de déneigement. Des rainures ont été fraisées pour améliorer l'adhérence. Les fibres d'acier qui dépassent en surface ont été éliminées par flammage.

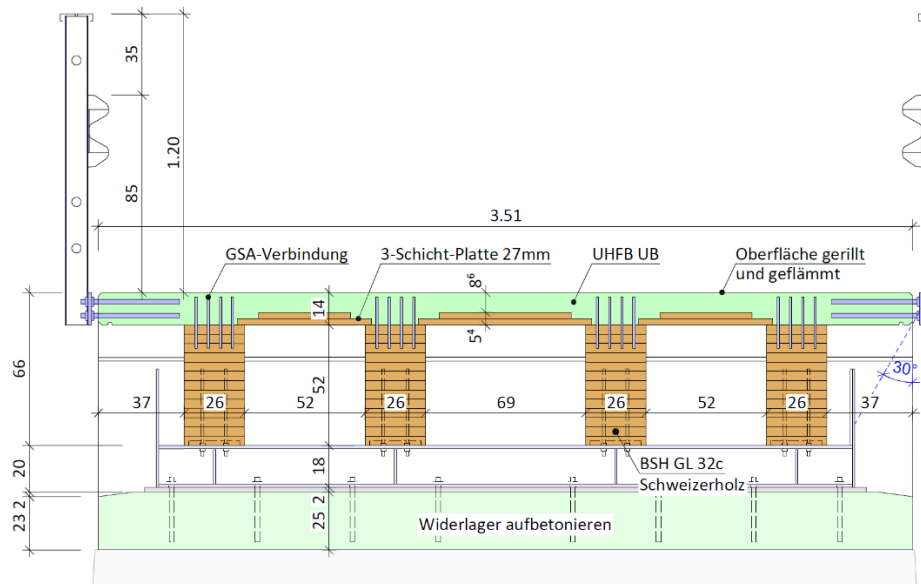


Illustration 5: Profil en travers au niveau du socle

Fondations :

Les culées du nouveau pont ont été construites sur les fondations existantes. Celles-ci ont été coupées horizontalement pour garantir une connexion propre

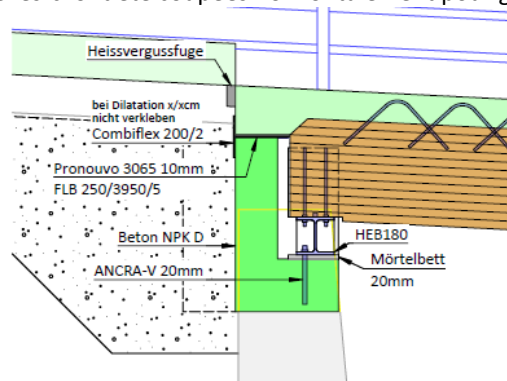


Illustration 6 : Socle côté Ouest



Ø Coûts unitaires

Positon	Coûts par m' [CHF]	Coûts totaux [CHF]
Projet et direction	1'435	15'000
Travaux de construction	5'865	61'288
Construction bois	2'161	22'586
BFUP – Livraison et mise en place	3'944	41'215
Glissières de sécurité	1'339	13'996
Mensuration	132	1'378
<u>Total</u>		<u>155'463</u>

A faire / à éviter

Matériaux

Désignation

Fondations :

- Béton CAN D
- Poutre métallique HEB180 (Semelle pour la structure bois)
- ANCRA-V 20 mm Ancrage composite (liaison béton-poutre métallique)
- Appuis d'insonorisation Pronouvo 3065
- Système d'étanchéification des joints Sikadur-Combiflex 200/2
- Mortier

Éléments porteurs en bois :

- Poutres BLC GL 32c
- Ancrage GSA-HBV (Liaison entre BLC et Béton BFUP)

Chaussée / barrières :

- BFUP Type UB
- ANCRA-V 20 mm Ancrage composite (liaison béton-poutre métallique)
- Glissières de sécurité Système 2111 profile A
- Main courante
- Réflecteurs (des 2 côtés)

Chapitre CAN / rubrique

- 111.XXX.XXX Travaux en régie
- 113.XXX.XXX Installation de chantier
- 131.XXX.XXX Réparation et protection des ouvrages en béton

Exigences minimales

Conseils de mise en œuvre

Le béton BFUP peut être mis en œuvre comme du béton « classique ». Les composants horizontaux ou à paroi mince peuvent être coulés avec un béton BFUP liquide. Le béton BFUP avec propriétés thixotropiques convient aux composants situés sur des pentes. Le défi de la mise en œuvre dans de telles situations est d'obtenir une surface plane, car une « peau d'éléphant » dure se forme très rapidement à la surface. Dans le cas présent, la surface a été lissée avec une règle à tirer.

Ø Quantité par unité

Béton BFUP environ 0.4 m³ par mètre linéaire de chaussée

Inventaire

Machines et engins

Rétro sur chenilles (10 to), Dumper, grue sur camion, compresseur, silo pour fabrication du béton BFUP sur place, Règle vibrante, petits outils usuels

Installation

Pendant les travaux de construction (environ 4 semaines), l'accès a été fermé à la circulation. Un passerelle temporaire pour piétons a été aménagée.

Exécution

Piquetage -

Fouilles -

Phases de travail

1. Installation de chantier
2. Construction de la passerelle piétonne temporaire
3. Démolition du pont existant
4. Aménagement des nouvelles culées
5. Décoffrage mise en place des poutres d'acier
6. Mise en place des poutre BLC et des panneaux PBM en tant que coffrage perdu
7. Coffrage / pose de l'armature
8. Mise en place du béton BFUP
9. Fraisage de rainures
10. Montage des barrières de sécurité
11. Divers travaux de finition

A faire / à éviter

- La surface de BFUP doit être protégée le plus rapidement possible des effets du soleil, du froid et du vent par des mesures appropriées.

Sécurité

En raison du faible diamètre des fibres d'acier dans le béton BFUP, qui n'est que de 0,1 à 0,2 mm, il faut porter des gants de protection lors de la mise en œuvre. Pour le produit fini, il est nécessaire d'éliminer les fibres saillantes par flammage.

Aspects sécuritaires à respecter impérativement :

- | | | |
|-------------------------------------|--|--|
| Toujours | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neuf règles vitales pour le génie civil et les travaux publics (Publication SUVA 88820.F) ▪ Plan d'urgence (Publication SUVA 67061.F) ▪ Préparation du travail (Publication SUVA 67124.F) | |
| <input type="checkbox"/> | Dangers naturels, montagne
(Publication SUVA 33019, 67154) | <input checked="" type="checkbox"/> Chutes au travail (Publications
SUVA 33016, 44002) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Machines (Publications SUVA 67041,
67039, 67161, 1574) | <input checked="" type="checkbox"/> Fouilles et terrassements
(Publication SUVA 67148) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Electricité sur les chantiers
(Publications SUVA 67081, 67092) | <input type="checkbox"/> Collaboration avec les entreprises tierces (Publication SUVA 66092/1) |
| <input type="checkbox"/> | Trafic et infrastructures (SN 640886) | <input type="checkbox"/> Travaux forestiers (SUVA
Publication 84034) |
| <input type="checkbox"/> | Neuf règles vitales pour le personnel au sol des aires de manœuvre d'hélicoptère (Publication SUVA 88819) | <input checked="" type="checkbox"/> Travaux de construction au bord, dans ou au-dessus de l'eau
(Publication SUVA 67153) |

Entretien

Opérationnel

L'entretien opérationnel des ouvrages d'art est effectué séparément de l'entretien des routes. Un élément essentiel de la gestion de la maintenance est la tenue d'un inventaire avec description des paramètres importants tels que le type de structure, état, etc.

Dans le cas des ouvrages d'art, des inspections régulières sont effectuées dans le cadre de l'entretien opérationnel. Des réparations mineures telles que le

remplacement de poteaux, etc. peuvent également être effectuées lors de l'entretien opérationnel.

Constructif

Fondamentalement, le béton BFUP nécessite très peu d'entretien par rapport au béton en raison de ses propriétés (absence de fissures, étanchéité, résistance au sel de déneigement). Contrairement à un pont en béton, il n'y a pas de couche d'usure ni d'étanchéité à renouveler. Par conséquent, aucune mesure d'entretien structurel n'est prévue sur la chaussée et la structure porteuse.

Les mesures d'entretien des structures sont formulées sur la base des dommages enregistrés lors de l'inspection des travaux. Les dommages typiques aux fondations en béton qui peuvent nécessiter un entretien opérationnel comprennent l'abrasion ou la corrosion des armatures.

Démolition

La déconstruction et le recyclage de structures faites de matériaux différents (matériaux composites) sont fondamentalement plus complexes, car les matériaux doivent être séparés les uns des autres dans un premier temps. Ensuite, ils peuvent être réutilisés ou éliminés.

Dans le cas du pont en structure mixte bois-BFUP, la première étape consiste à séparer le béton du bois. Tous les matériaux seront éliminés conformément à la législation (loi sur la protection de l'environnement, ordonnance sur les déchets). Le bois peut être directement réutilisé comme matière première secondaire via une filière agréée. Le BFUP sera éliminé ou recyclé conformément aux exigences légales. La directive de l'OFEV sur le recyclage des déchets minéraux de construction sert de référence.

La méthode classique de traitement du béton consiste à broyer le béton, les armatures/fibres d'acier étant triées par un aimant. Le béton est transformé en granulats de béton, qui sont utilisés dans des structures/bétons nécessitant des matériaux moins performants (béton RC).

La fragmentation électrodynamique peut être appliquée comme procédé de recyclage des composites. Dans le cas du béton BFUP, ce procédé permet d'utiliser les constituants recyclés comme nouveaux "ingrédients" pour les bétons primaires. Les composants séparés ont les mêmes propriétés que les matières premières primaires. A ce jour, seuls des équipements expérimentaux permettent de séparer jusqu'à 1 to de matériau composite par heure. Pour être applicable à grande échelle, le processus doit encore être développé.

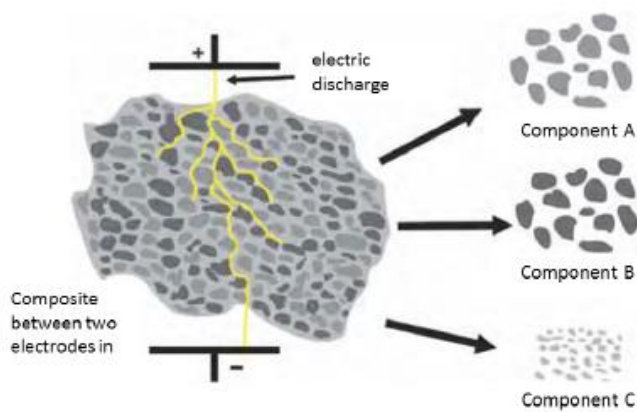


Illustration 7 : Principe de la fragmentation électromagnétique (Karlstetter et al. 2014)

Clause de non-responsabilité :

La présente documentation résulte du déroulement d'un projet et d'un chantier réel. Elle peut être utile aux planificateurs et exécutants (utilisateurs) comme base de réflexion et de test pour leurs propres solutions techniques pour des ouvrages remplissant une fonction similaire. Cette documentation a fait l'objet d'un soin tout particulier, elle ne peut toutefois être exempte de fautes ou d'erreurs. Elle ne peut en aucun cas constituer, de manière implicite ou explicite, une base pour un projet. Le centre pour le génie forestier et l'auteur du projet initial (ayant servi de base à la documentation) déclinent toute responsabilité pour les projets ou réalisations faisant référence à toute ou partie de la présente documentation. Lors de l'utilisation des informations contenues dans cette documentation pour des besoins propres, toutes les normes et règles de l'art sont à appliquer et les données contenues dans la documentation sont à vérifier et adapter par l'utilisateur aux circonstances locales du projet. L'utilisation d'informations contenues dans la documentation se fait aux risques de l'utilisateur. En particulier, le centre pour le génie forestier et l'auteur du projet déclinent toute responsabilité pour des dégâts résultant de la reprise sans vérification des informations et des calculs contenus dans cette documentation par l'utilisateur.



Images (Sources : Edgar Kälin / Peter Rogenmoser)



Illustration 8 : Travaux de coffrage en vue du bétonnage des culées



Illustration 9 : Coffrage des culées



Illustration 10 : Déviation des piétons pendant les travaux



Illustration 11 : Mise en place de BLC avec éléments pour coffrage extérieur



Illustration 12 : Les poutres BLC extérieures sont équipés d'un coffrage temporaire



Illustration 13 : Porteur BLC et coffrage en panneau de bois massif



Illustration 14 : Mise en place du BFUP



Illustration 15 : Mise en place du BFUP et vibrage



Illustration 16 : Mise en place du BFUP



Illustration 17 : BFUP terminé avec fentes fraisées pour assurer l'adhérence

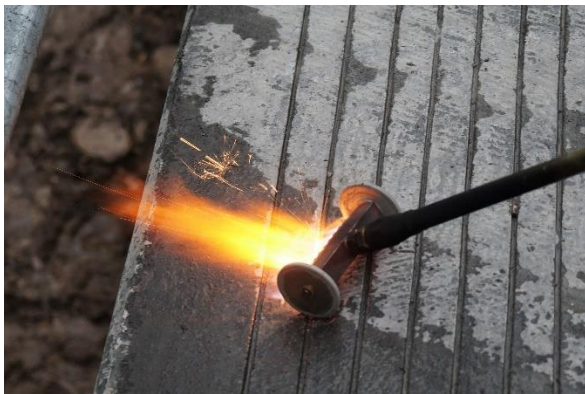


Illustration 18 : Elimination des fibres métalliques par flammage



Illustration 19 : Le pont terminé vue de dessous