

Deux ponts sous-tendus avec tirants à section mixte précontrainte

Two bridges with composite prestressed tension chords

Aurelio Muttoni

72

Bridges

Introduction

Le pont sur la Capriasca à Odogno, réalisé dans les années 1995/96, et le pont sur le Tessin à Villa Bedretto, terminé en 1997, sont caractérisés par un système statique et constructif innovant. Les deux ponts sont le résultat de variantes d'entreprise, pour lesquelles les aspects économiques ont été étudiés de façon particulière. En effet, les deux projets décrits par la suite ont pu être réalisés grâce à des offres qui étaient économiquement plus compétitives que les solutions officielles: l'assainissement d'un pont en arc construit dans les années 50 dans le cas du pont sur la Capriasca et la construction d'un pont mixte bipoutre à deux portées pour le pont sur le fleuve Tessin.

Le système porteur dans la partie centrale des deux ponts est une poutre lenticulaire, où la membrure supérieure comprimée est un tablier composé d'une dalle de roulement renforcée par deux nervures longitudinales et l'élément inférieur un sous-tirant de forme polygonale (figure 1). La particularité du système statique est représentée par les éléments de déviation disposés en V. Ce système peut être considéré comme une poutre triangulée avec des diagonales manquantes, qui présente deux avantages: nombre de nœuds sensiblement inférieur et construction plus simple. La re-

Introduction

The bridges over the river Capriasca (completed in 1996) and over the river Ticino (completed in 1997) are characterised by the application of an innovative structural system.

Both bridges result from competitive alternate designs by the contractors, which means that particular care was given to economical aspects. In both cases, the design changes resulted in lower bids than the officially proposed solutions. In the case of the Capriasca bridge, the design foresaw the retrofitting of an arch bridge built in the fifties. In the case of the Ticino bridge, the official design was a new twin-girder steel composite bridge.

The central part of the main span of both bridges is constituted by a lenticular beam. The compression chord of the beam is constituted by the bridge concrete deck with two longitudinal stiffening girders. The two tension chords are constituted by a polygonal steel member that contains two prestressing tendons (figure 1). A particular aspect of the system is the use of V-shaped deviators for the tension chord. This system can be considered as a truss with missing diagonals. This configuration offers two advantages: reduction of the number of nodes and easier construction. The shearing force in regions without diago-

Caractéristiques du projet

Le pont sur la Capriasca

Position et utilisation

Route cantonale Tesserete-Gola di Lago

Maître d'ouvrage

Canton de Tessin, Département du territoire

Projet

Prof. Dr A. Muttoni, Grignoli Muttoni Partner, Lugano

Exécution

Muttoni SA, Bellinzona

Caractéristiques

Longueur totale (y compris les culées): 80,00 m
Portées: 15,25 + 38,00 + 15,25 m
Largeur: 7,00 m
Coût total*: CHF 1 150 000.- (2050 CHF/m²)
Entrée en service: 1996

* y compris les honoraires, démolition du pont existant, imperméabilisation, pose du revêtement, barrières de protection, adaptation des routes d'accès et travaux de finition.

Le pont sur le Tessin

Position et utilisation

Route cantonale Ossasco-Villa Bedretto

Maître d'ouvrage

Canton Tessin, Département du territoire

Projet

Prof. Dr A. Muttoni, Grignoli Muttoni Partner, Lugano

Exécution

Muttoni SA, Bellinzona

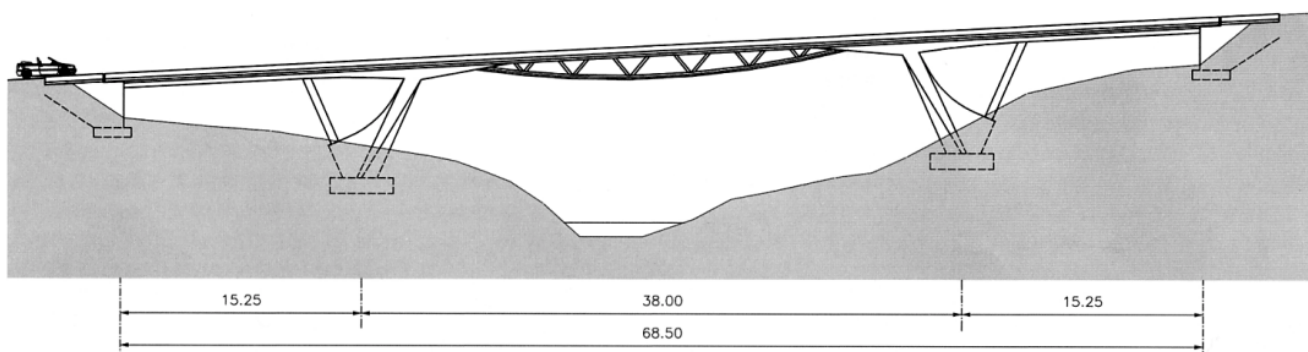
Caractéristiques

Longueur: 44,00 m
Largeur: 7,00 m
Coût total*: CHF 700 000.- (2270 CHF/m²)
Entrée en service: 1997

* y compris les honoraires, démolition du pont existant, imperméabilisation, pose du revêtement, barrières de protection, adaptation des routes d'accès et travaux de finition.

1

Schéma du pont sur la Capriasca à Odogno.
Sketch of the Capriasca bridge in Odogno.



Project data

The Capriasca bridge

Location and usage

Cantonal highway Tesserete–Gola di Lago

Bridge owner

Canton of Ticino

Project

Prof. Dr A. Muttoni, Grignoli Muttoni
Partner, CH-6900 Lugano

Contractor

Muttoni SA, CH-6500 Bellinzona

Characteristic data

Overall length (incl. abutments): 80.00 m
Spans: 15.25 + 38.00 + 15.25 m
Width: 7.00 m
Total cost*: CHF 1,150,000.– (2050 CHF/m²)
Opening date: 1996

* Including engineer's fees, demolition of the existing bridge, waterproofing, asphaltting, guardrail, correction of the access roads and finishing.

The Ticino bridge

Location and usage

Cantonal highway Ossasco–Villa Bedretto

Bridge owner

Canton of Ticino

Project

Prof. Dr A. Muttoni, Grignoli Muttoni
Partner, Lugano

Contractor

Muttoni SA, Bellinzona

Characteristic data

Length: 44.00 m
Width: 7.00 m
Total cost*: CHF 700,000.– (2270 CHF/m²)
Opening date: 1997

* including engineer's fees, demolition of the existing bridge, waterproofing, asphaltting, guardrail, correction of the access roads and finishing.



Pont sur la Capriasca à Odogno.
Capriasca bridge in Odogno.

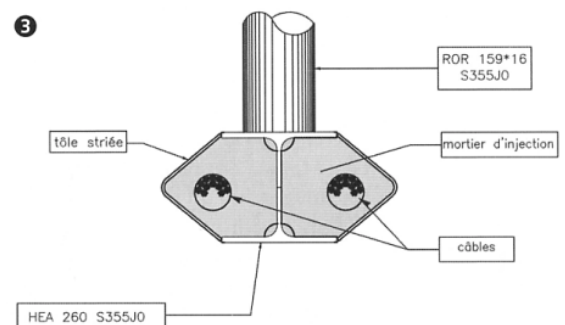
prise de l'effort tranchant dans la partie sans diagonales est assurée par la composante verticale de la force dans le tirant incliné et par le tablier. Ce système est sensiblement plus efficace et plus rigide que les systèmes avec éléments de déviation simples [1, 2].

Du point de vue constructif, la caractéristique principale de ce système est constituée par le câble de précontrainte qui sort de la section en béton armé, dans la zone centrale, pour s'enfiler ensuite dans un tirant métallique. Ce dernier est constitué d'un profilé HEA auquel sont soudées deux tôles pliées, de façon à former un caisson fermé (figure 3). A l'intérieur de la section métallique se trouvent deux câbles de précontrainte (câbles système VSL avec 12 torons $\varnothing 0,6''$ chacun). Une fois la construction du caisson terminée, celui-ci est injecté au coulis de ciment, de façon à obtenir une section mixte ainsi qu'une protection efficace contre la corrosion des câbles. L'adhérence entre le coulis d'injection et le profil métallique est renforcée par la présence de stries sur les faces internes des tôles constituant le tirant. Par rapport aux solutions plus conventionnelles, qui utilisent uniquement un câble de précontrainte, les avantages de ce système sont multiples:

nals are taken by the vertical component of the force in the tension chord and by the bridge deck. This system is significantly more efficient and stiffer than configurations with simpler deviation elements [1, 2].

From a constructive point of view, the main characteristic of the design is that the prestressing tendons leave the reinforced concrete section in the positive moment area to enter into the steel tension chord.

The two steel tension chords are made up of a half W-shape, on which two folded steel plates are welded to create a box section (figure 3). Two prestressing tendons (VSL system with 12 $\varnothing 0.6''$ strand each) are located within this section. After construction is finished, the steel tension chord was injected with cement grout



Section du tirant.
Cross section of the tension chord.

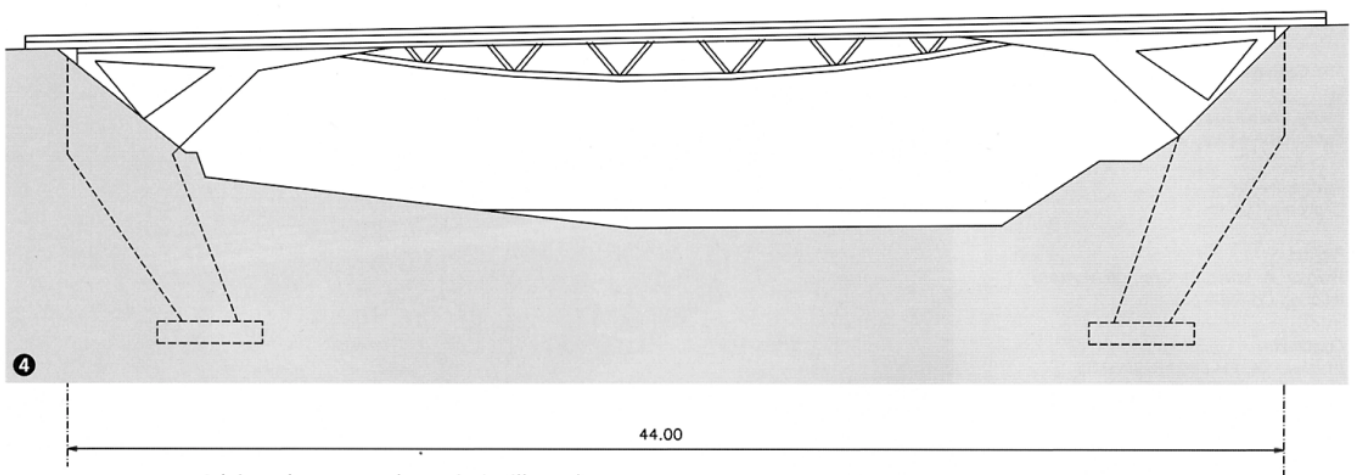


Schéma du pont sur le Tessin à Villa Bedretto.
Sketch of the Ticino bridge in Villa Bedretto.

- Le câble doublement protégé (section fermée et injection de coulis) offre une plus grande durabilité ainsi qu'une protection accrue contre les chocs et d'éventuels actes de vandalisme.
- La section est plus rigide.
- Le tirant et les éléments de déviation peuvent être fixés, à leur partie supérieure, à un élément métallique de façon à former une poutre lenticulaire déjà avant la construction de la dalle de roulement. La poutre ainsi constituée pourra faire office de cintre-coffrage et l'élément métallique supérieur intégré dans la dalle.

Le pont sur la Capriasca à Odogno

Le pont sur la Capriasca (figures 1 et 2) fait partie de la route cantonale Tesserete–Gola di Lago et traverse la rivière Capriasca près du village de Odogno. Il s'agit d'un cadre avec deux portées latérales courtes. Les câbles de précontrainte sont ancrés aux extrémités et sont continus sur toute la longueur du pont. Dans la partie centrale ils sortent de la section en béton armé précontraint pour entrer dans le tirant métallique. Les étapes de construction sont les suivantes:

1. Construction des fondations, des culées, des pieds-droits, et des parties terminales du tablier.
2. Pose des poutres métalliques lenticulaires.
3. Enfilement des câbles de pré-

contrainte. Dans la partie centrale métallique cette opération est facilitée par la présence de gaines fixées à l'intérieur de la section composée fermée.

4. Remplissage de l'espace entre les gaines et la section métallique par un coulis d'injection.
5. Mise en tension partielle des câbles de précontrainte.
6. Pose des coffrages fixés aux poutres métalliques.
7. Construction de la dalle de roulement.
8. Mise en tension complète des câbles.
9. Injection des gaines des câbles.
10. Imperméabilisation, pose du revêtement de roulement et travaux de finition.

Le pont sur le fleuve Tessin à Villa Bedretto

Le nouveau pont, situé près du village de Villa Bedretto, traverse le fleuve Tessin à quelques kilomètres en aval de sa source, localisée dans le massif du Saint-Gothard. Il remplace un pont en béton armé, construit dans les années 30, dont la chaussée était trop étroite et la capacité portante insuffisante.

Le nouveau pont (figures 4 et 5) est constitué d'un cadre en béton armé précontraint, sans appareils d'appuis ni joints de transition. Les pieds-droits sont inclinés vers l'intérieur de façon à réduire la composante horizontale de la poussée et faciliter l'excavation pour les fondations qui y sont

to create a composite section and ensure a good protection of the tendons. Adherence between the injection grout and the steel profile is improved by the use of grooved steel sheets on the inside surface of the tension chord.

In comparison with more conventional solutions that use only prestressing tendons as tension chords, this solution has several advantages:

- The tendons are doubly protected (box steel section and grout injection), which increases durability and protection against impacts or acts of vandalism.
- The section of the tension chord is stiffer.
- The steel tension chord and the deviation elements can be constructed as a truss by adding a top steel element, creating a steel lenticular span before concreting of the deck. This truss can be used as a self-carrying formwork, the top steel profile being simply cast within the deck.

The bridge over the Capriasca river in Odogno

This bridge (figures 1 and 2) is located on the main road Tesserete–Gola di Lago and crosses the Capriasca river near the Odogno village. It's made of a frame with two short lateral spans. The prestressing cables are anchored at each end and are continuous over



5
Pont sur le Tessin à Villa Bedretto.
Ticino bridge in Villa Bedretto.

associées. Comme dans le cas du pont sur la Capriasca, les câbles de précontrainte, ancrés aux extrémités du pont, sont disposés sur toute la longueur du pont et sortent de la structure en béton pour continuer dans le tirant métallique. Par contre, des selles de déviation soudées à l'intérieur du tirant métallique ont simplifié la méthode constructive en permettant l'injection du tirant et des câbles en une seule opération une fois que tous les travaux de précontrainte étaient terminés. ●

the whole length of the bridge. In the central part, the prestressing cables leave the main prestressed concrete section to enter into the steel tension chord.

The construction sequence was as follows:

1. *Construction of the foundation, the inclined columns and the side spans.*
2. *Placing of the lenticular steel span.*
3. *Placing of the prestressing tendons. In the central part, this operation is made easier by the presence of ducts fixed inside the steel box.*
4. *Injection of the steel box with cement grout (except for the tendon ducts).*
5. *Partial stressing of the tendons.*
6. *Placing of the formwork on the steel spans.*
7. *Concreting of the deck.*
8. *Final stressing of the tendons.*
9. *Injection of the prestressing tendon ducts.*
10. *Waterproofing, asphaltting and finishing.*

The new bridge over the Ticino river in Villa Bedretto

The new bridge (figures 4 and 5), near the village of Villa Bedretto, crosses the Ticino river a few kilometers downstream from its spring in the Saint Gotthard mountain range. It replaces a reinforced concrete bridge built in the thirties with a narrow roadway and an insufficient load-carrying capacity.

The new bridge consists of a prestressed concrete frame with integral supports and without expansion joints. The columns are inclined to reduce the horizontal reaction and to facilitate the excavation of the foundation. As in the case of the Capriasca bridge, the prestressing tendons are continuous over the entire length of the bridge and leave the concrete section to enter into the tension chord in the positive moment region.

A difference between the two bridges is that welded deviation saddles inside the steel tension chord allowed to simultaneously inject the tension chord and the tendons themselves. ●

Auteur/Author

Aurelio Muttoni
Prof., Dr. ès sc. techn., ing. civil dipl. EPF
Grignoli Muttoni Partner,
Studio d'ingegneria SA,
Via Somaini 9, CH-6900 Lugano
aurelio.muttoni@epfl.ch

Références/References

- [1] **A. Muttoni**; Brücken mit einem innovativen statischen System, Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 26, pp. 28–31, 1997
[2] **A. Muttoni**; Ponts avec un système statique innovant, Progrès dans la conception des ouvrages en béton, Journée d'étude SIA-GPC du 8 octobre 1999, Documentation SIA D 0160, p. 33–36