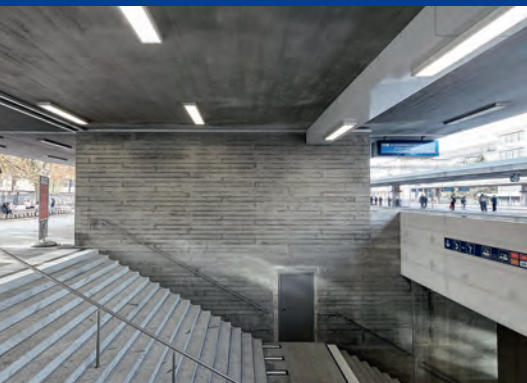




Brücken und Ingenieurbau

Ponts et génie civil

Bridges and Civil Engineering



Zwei Brücken in der Südschweiz mit unterspanntem Betonüberbau

Two bridges in southern Switzerland with under-spanned concrete girders

Aurelio Muttoni, Franco Lurati, Livio Muttoni, Mirko Rezzonico

Einleitung

Die Calancastrasse ist Teil des Strassennetzes des Kantons Graubünden und verbindet die Gemeinden des Calancats. Südlich des Abzweigers nach Selma durchquerte die Strasse bis 2022 ein stark steinschlaggefährdetes Gebiet und musste daher verschoben werden. Das neue Strassenprojekt umfährt das gefährdete Gebiet auf einem ca. 360 m langen neuen Strassenabschnitt, der den Bau zweier neuer Brücken über den Fluss Calancasca erforderte (Brücken Auriglia und Loveira).

Randbedingungen

Im Bereich der Brücke Auriglia weist die Strassenachse eine Wendeklothoide auf mit Radien zwischen -75 m und +100 m. Das Quergefälle variiert dementsprechend von -5 % bis +5 %. Die Breite der Fahrbahn variiert längs der Brücke ebenfalls zwischen 7,45 m und 8,10 m. Im Bereich der Brücke Loveira weist die Strassenachse ebenfalls eine Klothoide auf mit einem minimalen Radius von 51 m. Das Quergefälle und die

Introduction

The Calanca road is part of the connecting road network of the canton of Graubünden and links the communities of the Calanca valley in southern Switzerland. South of the junction to Selma, the road crossed an area at high risk of rockfall until 2022 and had therefore to be moved. With the new road project, the endangered area is bypassed by a new road construction about 360 m long. This required two new crossings of the Calancasca River with two new bridges (Auriglia and Loveira bridges).

Boundary conditions

In the area of the Auriglia bridge, the road follows an S-shaped clothoid with radii between -75 m and +100 m. The crossfall and the width of the road varies accordingly from -5 % to +5 % and between 7.45 m and 8.10 m, accordingly. In the area of the Loveira bridge, the road axis also follows a clothoid with a minimum radius of 51 m. The transverse slope and the carriageway width are also variable, between 2 % to 5 % and

Fahrbahnbreite variieren dementsprechend von 2 % bis 5 % bzw. zwischen 7,55 m und 8,70 m. Die Längsgefälle betragen 3,9 % bei der Brücke Auriglia und 0,7 % bei der Brücke Loveira. Diese stark variablen Verhältnisse verlangten somit eine sorgfältige Projektierung.

Entlang des Projekttrassees besteht der Untergrund mehrheitlich aus grobem Blockschutt mit eingelagerten Sedimenten und Linsen der Calancasca. Die zwei Brücken weisen ein Freibord von 1,50 (Auriglia) bzw. 1,20 m (Loveira) gegenüber dem 100-Jahre-Hochwasser auf.

Beschreibung des Tragwerkkonzepts

Wegen der Trassierung mit relativ engen Kurven sind beide Brücken von der Strasse gut sichtbar, jedoch aus ganz verschiedenen Blickwinkeln. Ausserdem ist zum Teil wenig Freiraum zwischen Tragwerk und Fluss vorhanden. Aus diesen Gründen war eine sorgfältige Gestaltung mit einer möglichst transparenten und filigranen Tragkonstruktion angebracht.

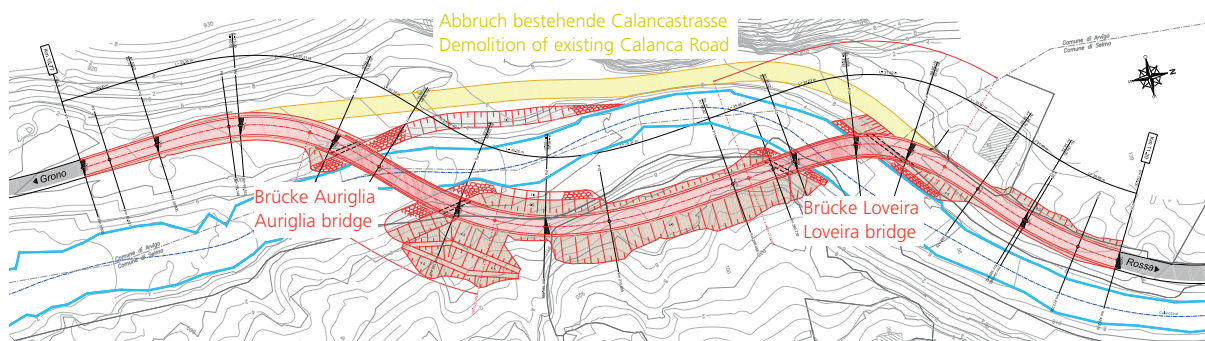


Fig. 1
Neues Strassenprojekt.
New road project.

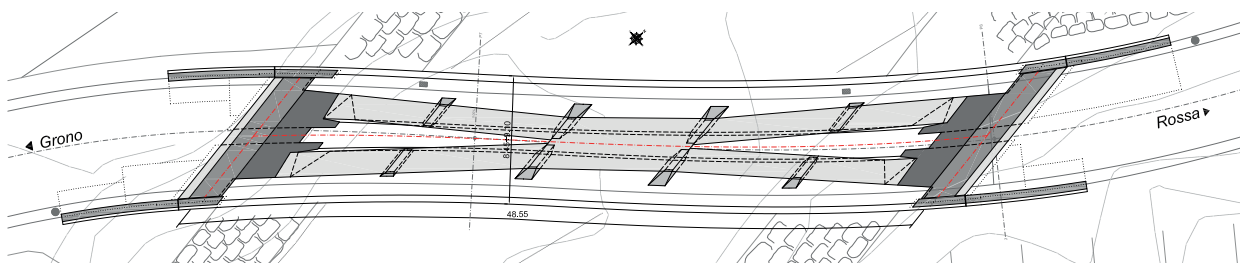


Fig. 2
Grundriss der Brücke Auriglia.
Plan view of Auriglia bridge.

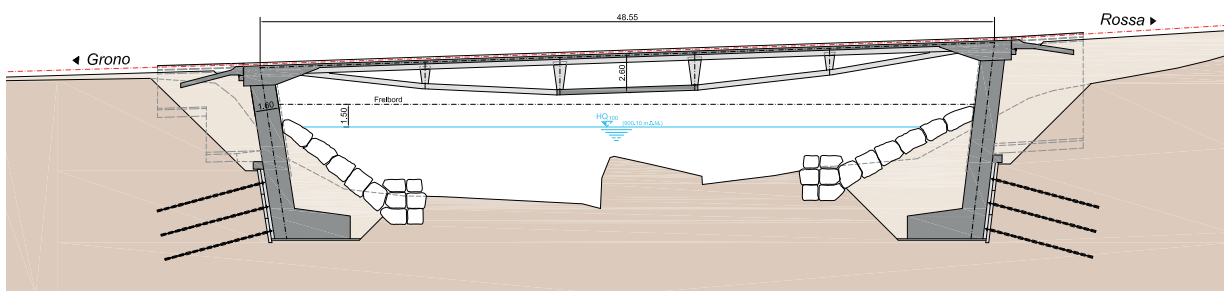


Fig. 3
Längsschnitt der Brücke Auriglia.
Longitudinal section of Auriglia bridge.

between 7.55 m and 8.70 m, respectively. The longitudinal gradients are 3.9% for the Auriglia bridge and 0.7% for the Loveira bridge. These highly variable geometrical conditions thus required careful project planning. Along the project route, the subsoil consists mainly of coarse block rubble with inlaid alluvial lenses of the Calancasca River. The two bridges have a freeboard of 1.50 (Auriglia) and 1.20 m (Loveira) against the 100-year flood.

Description of the structural concept

Due to the relatively tight curves in the route, both bridges are relatively well visible following the road, but with very different viewing angles. At the same time,

Beide Brücken Auriglia und Loveira sind als schief gelagerte, gekrümmte einfeldrige Rahmen-tragwerke konzipiert. Sie sind als integrale Brücken ausgebildet, indem die wandartigen Widerlager mit dem Überbau monolithisch verbunden sind. Um die Horizontalkomponenten der Bodenreaktionen zu minimieren, sind die Widerlagerwände geneigt.

Die Brückenträger haben Spannweiten von 48,55 m bei der Brücke Auriglia und 42,85 m bei der Brücke Loveira. Um die Materialmengen zu minimieren und die gewünschte Transparenz zu erzielen, sind die Träger als unterspannte dünne Platten ausgebildet. Damit kann im Randbereich die Trägerhöhe auf 0,60 m reduziert wer-

there is relatively little free space between the structure and the river. For these reasons, a careful design with a supporting structure that is as transparent and light as possible has been seen as appropriate.

Both the Auriglia and Loveira bridges are designed as inclined, curved frame-like single-span girders. They are designed as integral bridges in that the wall-like abutments are monolithically connected to the superstructure. To minimise the horizontal components of the soil reactions, the abutment walls are inclined.

The bridge girders have spans of 48.55 m for the Auriglia bridge and 42.85 m for the Loveira bridge. In order to minimise the amount of material and to achieve the de-

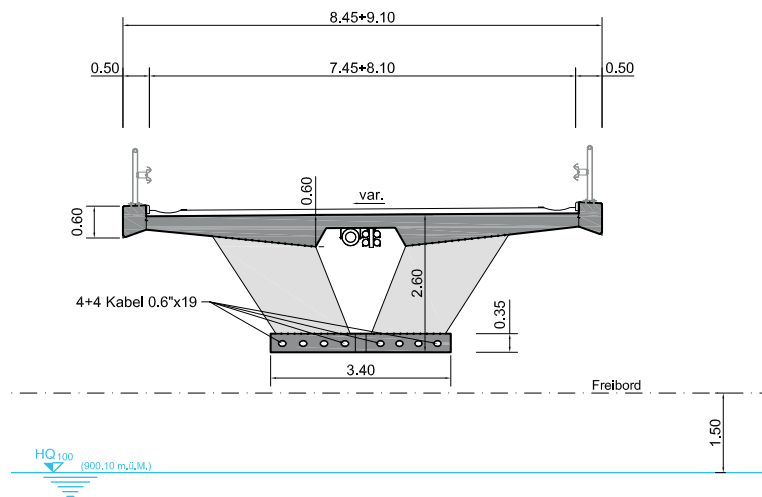


Fig. 4
Querschnitt der Brücke Auriglia.
Cross section of Auriglia bridge.

den. Die maximale Trägerhöhe in Feldmitte beträgt 2,60 m bei der Brücke Auriglia bzw. 2,20 m bei der Brücke Loveira (Verhältnisse Spannweite/Trägerhöhe gleich 18,7 bzw. 19,5).

Die Unterspannung besteht aus einer vorgespannten Betonplatte mit einer konstanten Stärke von 0,35 m (8 Kabel 0.6" x 19 Litzen,

sired transparency, the girders are designed as under-spanned thin slabs. This allows the girder height to be reduced to 0.60 m in the peripheral area, so that the walks along the riverbanks are impeded as little as possible. The maximum girder height in the centre of the girder is 2.60 m for the Auriglia bridge and 2.20 m for

zentrische Druckspannung des Zugbandes infolge Vorspannung allein $P_0/A_{\text{Zugband}} = 23,6$ MPa, infolge Vorspannung und Eigengewicht 12,0 MPa, infolge Vorspannung und sämtlichen ständigen Lasten inkl. Langzeiteffekte 7,4 MPa). Zur Verbesserung der Tragwirkung infolge Brückenschiefe und Krümmung weisen



Fig. 5
Ansicht der Brücke Auriglia.
View of Auriglia bridge.

the Loveira bridge (span/height ratios equal to 18.7 and 19.5, respectively).

The tension band consists of a prestressed concrete slab with a constant thickness of 0.35 m (8 cables 0.6" x 19 strands, centric compressive stress due to prestressing only $P_0/A_{\text{band}} = 23.6 \text{ MPa}$, due to prestressing and self-weight 12.0 MPa, due to prestressing and permanent loads incl. longtime effects 7.4 MPa). To improve the load-bearing behaviour due to bridge skew and curvature, the tension bands of both bridges have an X-shaped geometry in plan.

The deck slab has a variable width of 8.45 m to 9.10 m (Auriglia) and 8.55 m to 9.70 m (Loveira). Their thickness varies from 0.25 m to 0.60 m. In the central area, over a width of 2.40 m, it has a thickness of 0.25 m and thus offers space for the infrastructures without impairing the appearance of the bridge.

As other projects have shown and theoretical studies have confirmed, the structural efficiency of under-spanned systems can be

die Zugbänder eine X-förmige Geometrie im Grundriss auf.

Die Fahrbahnplatte mit zwei 50 cm breiten Konsolköpfen weist eine variable Breite von 8,45 m bis 9,10 m (Auriglia) resp. von 8,55 m bis 9,70 m (Loveira) auf. Ihre Dicke variiert von 0,25 m bis 0,60 m. Im Mittelbereich, auf einer Breite von 2,40 m, beträgt die Stärke 0,25 m und bietet somit Platz für die Werkleitungen, ohne das Erscheinungsbild der Brücken zu beeinträchtigen.

Wie schon andere Projekte gezeigt und theoretische Untersuchungen bestätigt haben, kann die statische Effizienz von unterspannten Systemen deutlich erhöht werden, indem die Verbindungselemente zwischen Zug- und Druckgurt so konzipiert werden, dass grosse Variationen der Gurtkräfte übertragen werden können [1, 2]. Aus diesem Grund sind diese Elemente so ausgebildet, dass sie relativ grosse Einspannmomente in die druckbeanspruchte Fahrbahnplatte einleiten können.

Die Struktur reagiert weich auf Verdrillung und erlaubt somit

Bauherrschaft/Owner
Kanton Graubünden, Tiefbauamt
Bauingenieur/Civil engineering
Lurati Muttoni Partner SA,
Mendrisio-Roveredo
Ausführung/Execution
CSC Costruzioni SA, Lugano

significantly increased by designing the connecting elements between the tension and compression chords in such a way that large variations of chord forces can be transmitted [1, 2]. For this reason, these elements are designed in such a way that they can transfer relatively large moments into the slab under compression. The structure is relatively flexible on twisting and thus allows possible differential rotations of the foundations in the coarse-block subsoil with potentially large discontinuities.

The abutments consist of an inclined wall into which the bridge deck is embedded. The foundation level of the flat footings was set about 2.5 m below the lowest point in the riverbed. In order to minimise differential settlements,



Fig. 6
Ansicht der Brücke Loveira.
View of Loveira bridge.



Fig. 7
Untenliegendes Lehrgerüst der Brücke Auriglia.
Underslung falsework of Auriglia bridge.

eventuelle differenzielle Rotationen der Flachfundamente im grobblockigen Untergrund mit potenziellen grossen Diskontinuitäten.

Die Widerlager bestehen aus einer geneigten Wand, in der die Fahrbahnplatte eingespannt ist. Die Fundationskote der Flachfundamente wurde zum Schutz vor Unterkolkung rund 2,5 m unter dem tiefsten Punkt im Flussbett festgelegt. Um differenzielle Setzungen zu minimieren, musste bei der Ausführung darauf geachtet werden, dass der Baugrund auf Fundationskote möglichst homogen ist. Wo dies

care had to be taken during construction to ensure that the ground was as homogeneous as possible at the foundation level. Where this was not the case, additional excavation was carried out and material replacement was provided. The 0.5 m thick wing walls also have shallow foundations and are detached from the abutment main wall, which allows the temperature expansion of the superstructure without major constraints.

Thanks to the design as an integral bridge, no bearings and no movement joints are provided. This guarantees a high durability with a minimum of maintenance. The chosen component dimensions allow the use of building materials of usual quality in this region (concrete class C30/37 deck, C25/30 abutments and footings).

The meteoric water accumulating on the bridge is collected at one edge of the carriageway and led through the lateral channels first into the inlet shafts and then directly into the Calancasca. The arrangement of the shafts was chosen in such a way that even in

nicht der Fall war, wurde ein zusätzlicher Aushub ausgeführt und das Material ersetzt. Die 0,5 m starken Flügelmauern sind ebenfalls flach fundiert und von der Widerlagerwand dilatiert, was temperaturbedingte Ausdehnungen des Oberbaus ohne grosse Zwängungen erlaubt.

Dank der Ausbildung als integrale Brücke sind keine Lager und keine Dilatationsfugen vorgesehen. Dies gewährleistet eine hohe Dauerhaftigkeit bei einem Minimum an Unterhalt.

Die gewählten Bauteilabmessungen lassen den Einsatz von Baustoffen üblicher Qualität zu (Druckfestigkeitsklasse des Betons C30/37 Überbau, C25/30 Unterbau).

Das auf der Brücke anfallende Meteorwasser fliesst aufgrund des Brückenquergefälles zu den Brückenrändern und durch die seitlichen Rigolen zuerst in die Einlaufschächte und dann direkt in die Calancasca. Die Anordnung der Schächte wurde so gewählt, dass auch bei Wind kein Salzwasser auf die Unterspannung gelangt.

Literatur/Literature

- [1] Muttoni, A., Brücken mit einem innovativen statischen System, Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 26, 1997, p. 548–551, <http://dx.doi.org/10.5169/seals-79272>
- [2] Muttoni, A., Two bridges with composite prestressed tension chords, Structural Concrete in Switzerland 1998–2002, Report of the Swiss national group of fib, 1st fib Congress at Osaka, 2002, p. 72–75



Fig. 8
 Obenliegendes Lehrgerüst der Brücke Loveira.
 Overslung falsework of Loveira bridge.

windy conditions, no water containing deicing salt reaches the tension band.

Construction process

The construction of the new road section was carried out using conventional construction methods. The Auriglia bridge was built with an underslung falsework with an intermediate support in the middle of the river. The Loveira bridge, on the other hand, was built with an overslung falsework without intermediate support due to the insufficient space between the bridge and the river. After the construction of the abutments, the tension band was built. Then the connecting elements between tension and compression chords were concreted and the carriageway slab was constructed. Finally, the tension band was prestressed and the bracket head was concreted.

Bauvorgang

Die Erstellung des neuen Strassenabschnitts erfolgte in konventioneller Bauweise. Die Brücke Auriglia wurde mit einem untenliegenden Lehrgerüst mit einer Abstützung in Flussmitte erstellt. Die Brücke Loveira wurde zur Gewährleistung der Abflusskapazität im Bauzustand dagegen mit einem obenliegenden Lehrgerüst ohne Zwischenabstützung gebaut. Nach dem Bau der Widerlager wurde jeweils das Zugband erstellt. Danach wurden die Querträger betoniert und am Schluss die Fahrbahnplatte erstellt. Schliesslich wurde das Zugband vorgespannt und der Konsolkopf betoniert.

Autoren/Authors

Franco Lurati
 Ing. dipl. ETHZ

Livio Muttoni
 Ing. dipl. SUPSI

Mirko Rezzonico
 Ing. dipl. EPFL

Aurelio Muttoni
 Prof. Dr ès techn., ing. dipl. ETHZ

Lurati Muttoni Partner SA
 CH-6850 Mendrisio
 CH-6535 Roveredo
 info@lmpartner.ch

Stützmauer Reussthal

Reussthal retaining wall

Stephan Etter

Einleitung

Bei der Stützmauer Reussthal handelt es sich um eine rund 340 m lange und bis zu 23 m hohe Ankerwand. Sie ist Bestandteil des Gesamtverkehrskonzepts Luzern Nord, das sich vom Kasernenplatz bis zur Sprengi in Emmenbrücke erstreckt. Dieses soll die Leistungsfähigkeit des öffentlichen und des individuellen Verkehrs verbessern und sichere Verbindungen für den Langsamverkehr gewährleisten. Die dazu erforderliche Verbreiterung der Kantonsstrasse K13 um rund 7 m erfolgte aufgrund der Nähe zum SBB-Trasse ausschließlich bergseitig, wo am Fusse des Steilhangs eine über 150 Jahre alte und bis zu 8 m hohe Natursteinmauer ersetzt wurde.

Wesentliche Randbedingungen

Der bewaldete Steilhang oberhalb der Kantonsstrasse weist eine Neigung von bis zu 43° auf (Fig. 3). Im gesamten Perimeter überdeckt eine ein bis zwei Meter

Introduction

The Reussthal retaining wall is a 340 m long and up to 23 m high anchor wall. It is part of the overall traffic concept for Lucerne North, which extends from Kasernenplatz to Sprengi in Emmenbrücke. This is intended to improve the efficiency of public and individual transport and ensure safe connections for non-motorised traffic. The necessary widening of the K13 cantonal road by around 7 m was carried out exclusively on the hill side due to the proximity to the SBB railway line, where an over 150 years old and up to 8 m high natural stone wall at the foot of the steep slope was replaced.

Essential boundary conditions

The wooded steep slope above the cantonal road has a gradient of up to 43° (Fig. 3). In the entire perimeter, a one to two metre thick layer of loose rock covers the rock near the surface. The bedrock (Upper Freshwater Mo-

mächtige Lockergesteinsschicht den oberflächennahen Fels. Der Felsgrund (Obere Süsswassermolasse) besteht aus einer Wechselagerung aus Konglomeraten sowie gebankten Abfolgen aus Schlamm-, Silt- und Sandsteinen. Von geotechnischer Bedeutung war beim Fels insbesondere die Verwitterungszone. Eine ausgeprägte Verwitterungs- und Entlastungsklüftung verläuft bis in eine Tiefe von zwei bis fünf Metern unter der Felsoberfläche mehrheitlich parallel zur Geländeoberfläche und führt zusammen mit den sehr steil stehenden tektonischen Klüften zu einem ungünstigen Trennflächengefüge. Unterhalb der Verwitterungszone ist der Fels grossräumig standfest. Aufgrund der grossen Steilheit des Geländes besteht die Gefahr von Spontanrutschungen und Hangmuren sowie von Steinschlag. Der Wald oberhalb der Strasse hat daher die Funktion eines Schutzwalds. Für das Projekt bedeutete dies, dass für die Waldbewirtschaftung eine Unterhaltsstrasse



Fig. 1
Gesamtansicht Stützmauer Reussthal.
General view of the Reussthal retaining wall.
(© Emch+Berger WSB AG)



Fig. 2

Staffelung der Wand mit Berme; stehende Riegel mit runden Ankernischen auf der oberen Wand.
Staggered wall with berm; standing ribs with round anchor niches on the upper wall.

(© Emch+Berger WSB AG)

lasse) consists of an alternating bedding of conglomerates and layers of mudstones, siltstones and sandstones. The weathering zone of the rock was of particular geotechnical importance. Pronounced weathering and unloading joints run mostly parallel to the ground surface down to a depth of two to five metres below the rock surface and, together with the very steep tectonic joints, leads to an unfavourable jointing. Below the weathering zone, the rock is largely stable.

Due to the steepness of the terrain, there is a risk of spontaneous landslides and debris flows as well as rockfall. Therefore, the forest above the road has the function of a protective forest. Hence, concerning the project a maintenance road along the top of the wall and protective barriers over large areas had to be provided for forest management.

Design

The size of the wall and its location in the city of Lucerne was of

entlang der Mauerkrone sowie über weite Bereiche Schutznetze vorzusehen waren.

Entwurf

Die Grösse des Bauwerks und seine Lage in der Stadt Luzern wiesen der Gestaltung einen hohen Stellenwert zu. Folgende Überlegungen haben den Entwurf, der in enger Zusammenarbeit mit dem Architekten Eduard Imhof erfolgte, massgeblich beeinflusst:

- Vor allem die oberflächennahen Schichten (Hangschutt und verwitterter Fels) erfordern eine umfassende Sicherung. Aus Gründen der Kontrollierbarkeit sollte die Verankerung mit vorgespannten Kontrollankern erfolgen.
- Die Baugrundverhältnisse waren zwar grundsätzlich bekannt, lokal aber kaum prognostizierbar. Entsprechend musste mit dem Bauwerk auf die effektiv angetroffenen Verhältnisse reagiert werden können.
- Eine Staffelung sollte die hohe Wand gliedern.

significant importance for the design. The following considerations had a decisive influence on the design, which was carried out in close collaboration with the architect Eduard Imhof:

- Above all, the layers near the surface (slope debris and weathered rock) required comprehensive anchoring. For reasons of controllability, the anchoring should be carried out with prestressed control anchors.
- The ground conditions were known in principle, but could not easily be predicted locally.

Bauherr/Client

Kanton Luzern
Verkehr und Infrastruktur (vif)

Projektierung und Bauleitung/

Project planning and site management

Ingenieurgemeinschaft IG Reussthal

– Emch+Berger WSB AG,

Emmenbrücke (FF)

– Bänziger Partner AG, Zürich

Gestaltung/Design

Eduard Imhof, Luzern

Geologie/Geology

Keller+Lorenz AG, Luzern

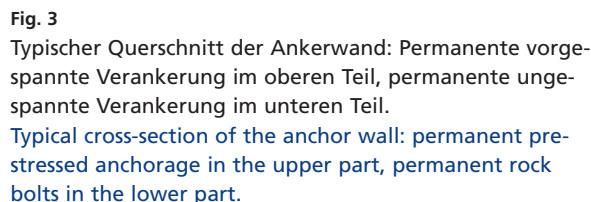
Unternehmer/Contractor

Arbeitsgemeinschaft ARGE K13+

– Implenia Schweiz AG, Luzern (FF)

– Löttscher Tiefbau AG, Luzern

- Zudem binden ein Bepflanzungskonzept und die Nachbearbeitung der Betonoberflächen das Bauwerk besser in die Umgebung ein. Hängende Pflanzen, die hinter den Mauerkronen wurzeln, überdecken beide Mauerstufen. Auf den Wandflächen wird die helle Zementhaut mit Hochdruckwasser abgetragen, damit der rauere und dunklere Beton sichtbar wird. Ausgenommen sind der Mauerfuss und die Betonrippen. Der aufgeraute Beton wird im Laufe der Zeit schneller nachdunkeln und von Algen und Flechten bewachsen werden, was die Helligkeitsunterschiede der Ober-



The lower wall level refers to the street, the upper one to the hill. This influences directly on the development of the forms. The lower wall is terminated by a crown that runs parallel to the street level. It is reminiscent of a building line with a continuous eaves height. The upper wall is completely different, with a crown that follows the terrain and is reminiscent of a mountain silhouette. The upper wall is characterised by vertically placed ribs that structure the wall in a taut

Die Stützmauer Reussthal ist als Ankerwand mit permanenten vorgespannten und ungespannten Verankerungen konzipiert. Die Gesamthöhe von bis zu 23,7 m wird durch die Anordnung einer 1,80 m breiten Berme gegliedert, siehe Querschnitt (Fig. 3). Sämtliche Ansichtsflächen sind mit einem Anzug von 10:1 ausgeführt. Die untere, 50 cm dicke Wand weist eine Ansichtshöhe von etwa 8 m auf und taucht seitlich ab. Sie schneidet hauptsächlich den standfesten Fels an, wird mit permanenten ungespannten Ankern Ø 36 mm, Schutzstufe 2b nach SIA 267, verankert und hat über grosse Bereiche die Funktion einer Futtermauer. Die obere Wand wird durch die hohen Erddrücke in den Bereichen der Verwitterungszone des Felsens,

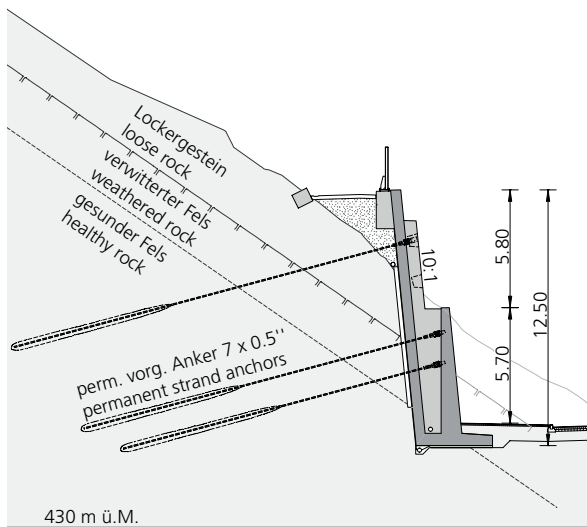


Fig. 4
Querschnitt im Randbereich, wo vorgespannte Anker ausnahmsweise auch unterhalb der Berme angeordnet sind. Cross-section in the edge area, where strand anchors are exceptionally also arranged below the berm.

rhythm. The heads of the prestressed control anchors lay hidden in round anchor niches (truncated cones) in the ribs. The lower wall forms a flat background on which guy wires can be placed in a rhythm independent of the wall construction. The differentiated design of the wall reflects the geological conditions hidden behind it.

In addition, a planting concept and the finishing of the concrete surfaces better integrate the structure into its surroundings. Hanging plants rooted behind the wall crowns cover both wall steps. On the wall surfaces, the light cement skin is removed with high-pressure water jetting to reveal the rougher and darker concrete. The base of the wall and the concrete ribs are excluded. The roughened concrete will darken more quickly over time and become overgrown with algae and lichen, which will increase the differences in brightness of the surfaces over time. However, it's not just about increasing sculptural effects on the top wall. The different surfaces are also an indication of different loading.

des Hangschutts und der Auffüllung beansprucht. Entsprechend wird sie mit 16 bis 22 m langen, permanenten vorgespannten Litzenankern 7 x 0,5'' mit einer Festsetzkraft von je 650 kN gesichert. Die Kontrollankerköpfe sind in stehenden Rippen mit einem Gesamtquerschnitt von 1,20 m x 1,10 m angeordnet, die einen Achsabstand von 4,0 m aufweisen. Sie verteilen die Ankerkräfte auf die 50 cm dicke Wand dazwischen und schaffen eine ausreichende Tiefe für die Anordnung runder Ankerköpfe. Der vertikale Abstand der Nischen beträgt 2 m. Im Vergleich zu einer massiven Wand mit gleicher Stärke benötigte die Ausbildung mit Rippen rund 1050 m³ weniger Beton, was einer Einsparung von etwa 350 t CO₂ entspricht. Jede Ankernische kann als Ankerstandort für Kontroll- oder Messanker genutzt werden oder dient als Reservestandort. Mit dem regelmässigen Raster liess sich während der Ausführung auf die angetroffenen geologischen Verhältnisse reagieren, ohne die Gestaltung zu beeinflussen. An den

Structural concept and dimensioning

The Reussthal retaining wall is designed as an anchor wall with permanent strand anchors and rock bolts. The total height of up to 23.7 m is divided by the arrangement of a 1.80 m wide berm, see cross-section (Fig. 3). All elevation surfaces are designed with a taper of 10:1. The lower, 50 cm thick wall has an elevation height of about 8 m and dips laterally. It mainly intersects the stable rock, is anchored with permanent rock bolts Ø 36 mm, protection level 2b according to code SIA 267, and has the function of a lining wall over large areas. The upper wall is stressed by the high earth pressures in the areas of the weathering zone of the rock, the slope debris and the backfill. Accordingly, it is secured with 16 to 22 m long permanent prestressed strand anchors 7 x 0.5'' with an anchorage force of 650 kN each. The control anchor heads are arranged in upright ribs with a total cross-section of 1.20 m x 1.10 m, which have a centre-to-centre distance of 4.0 m. They distribute the anchor forces to the 50 cm thick wall in between and create sufficient depth for the arrangement of round anchor niches (truncated cones) to protect the anchor heads. The vertical spacing of the niches is 2 m. Compared to a solid wall of the same thickness, the ribbed construction required around 1050 m³ less concrete, which corresponds to a saving of around 350 t CO₂. Each anchor niche can be used as an anchor location for control or surveillance anchor or serves as a reserve location. With the regular grid, it was possible to react to the geological conditions encountered during construction without influencing the design. In the few places where the weathering zone of the rock was also cut below the berm, which was particularly the case in the edge areas, the ribs behind the lower wall were extended downwards in order to be able to arrange further prestressed anchors on them, see Fig. 4. For design reasons, the

wenigen Orten, wo die Verwitterungszone des Felsens auch unterhalb der Berme angeschnitten wurde, was insbesondere in den Randbereichen der Fall war, wurden die Rippen hinter der unteren Wand nach unten verlängert, um darauf weitere vorgespannte Anker anordnen zu können, siehe Figur 4. Aus Gründen der Gestaltung wurde hier auf die Ausbildung sichtbarer Ankernischen und damit auf die Kontrollierbarkeit der Ankerköpfe verzichtet.

Die Baugrubensicherung wurde grosszügig perforiert und das Hangwasser über Drainagematten zwischen der Stützmauer abgeleitet. Ausserdem sind tiefere Drainagbohrungen und spülbare, stehende Drainagerohre angeordnet.

Da die Neigung des Geländes oberhalb der Stützmauer grossräumig deutlich über dem Winkel der inneren Reibung des anstehenden kohäsionslosen Lockergesteins liegt, wurden die Erddrücke mit der Gleitkeilmethode ermittelt. Dabei wurde die Ausdehnung der Gleitkeile in Absprache mit dem Geologen begrenzt (horizontale Ausdehnung bis 10 m ab Hinterkante Mauerkrone, vertikale Ausdehnung maximal 7 m). Die Baugrundparameter wurden durch eine Rückrechnung des Ist-Zustands am selben Modell bestimmt, wobei die günstige Wirkung einer Wurzelkohäsion im Lockergestein berücksichtigt wurde. Die Bemessung der Verankerung erfolgte mit den üblichen Partialsicherheitsfaktoren für die Leiteinwirkungen Verkehrslast auf Unterhaltsstrasse, Hangwasser und Erdbeben unter Vernach-

formation of visible anchor niches and thus the controllability of the anchor heads was dispensed with here.

The excavation support was generously perforated and the slope water drained off via drainage mats between the retaining wall. In addition, deeper drainage holes and flushable standing drainage pipes were arranged.

Since the slope of the terrain above the retaining wall is widely higher than the angle of internal friction of the overlying cohesionless loose rock, the earth pressures were determined using the "wedge method". The extension of the sliding wedges was limited in consultation with the geologist (horizontal extension up to 10 m from the rear edge of the wall crown, vertical extension maximum 7 m). The soil strength parameters were determined by back-calculating the actual condition on the same model, taking into account the favourable effect of a root cohesion in the loose rock. The design of the anchorage was carried out with the usual partial safety factors for the effects of traffic load on the maintenance road, slope water and earthquake, neglecting the root cohesion in the loose rock. The modelling contained rough assumptions, but took into account the main influencing factors and led to plausible results. Since the same model was used for back-calculation and design, it could be proven that the retaining wall increases the stability of the steep slope and that a standard safety is achieved in the area of influence of the retaining wall.

lässigung der Wurzelkohäsion im Lockergestein. Die Modellbildung beinhaltete grobe Annahmen, berücksichtigte aber die wesentlichen Einflussfaktoren und führte zu plausiblen Resultaten. Da für Rückrechnung und Bemessung dasselbe Modell verwendet wurde, konnte belegt werden, dass mit der Stützmauer die Standsicherheit des Steilhangs erhöht und im Einflussbereich der Stützmauer eine normgemässe Sicherheit erreicht wird.

Bauausführung

Der Verkehr auf der Kantonsstrasse musste bis auf wenige Ausnahmen in der Nacht zweispurig aufrechterhalten werden. Entsprechend waren die Platzverhältnisse auf der rund 350 m langen Linienbaustelle zu Beginn der Arbeiten extrem knapp. Die Baustellenlogistik war eine grosse Herausforderung. Ein Schutzgerüst zwischen Kantonsstrasse und Baustelle sorgte für eine robuste Trennung und reduzierte die Einschränkungen beim Kraneinsatz trotz der Nähe zu den Bahnstromanlagen, siehe Figur 5.

Der Hanganschnitt erfolgte in kleinen Etappen und wurde mit einer temporären Nagelwand gesichert. In den oberen Bereichen mit ungünstigeren geologischen Verhältnissen wurde eine Lage temporärer vorgespannter Anker angeordnet. Diese leistungsfähigen Anker verstärkten hier die Nagelwand, reduzierten die Verformungen und erlaubten mit Messankern eine zuverlässige Ergänzung der Überwachung. Wo der gesunde Fels angeschnitten wurde, konnte grösstenteils auf die Spritzbetonschale verzichtet und der Fels – falls erforderlich – direkt mit ungespannten Ankern gesichert werden. Wo für den Endzustand eine ungespannte Verankerung vorgesehen war, wurden die permanenten ungespannten Anker (Schutzstufe 2b) bereits zur Sicherung der Baugrube genutzt. Sie wurden mit einer zweiten Ankerplatte ausgerüstet und in die Stahlbetonwände eingebunden.

Technische Daten

Erstellung: 2019–2021
Baukosten Stützmauern:
CHF 15,2 Mio.
Gesamtlänge: ca. 340 m
Höhe: max. 23,7 m
Ansichtsfläche total: 5500 m²
Aushub/Felsabbau: ca. 20 000 m³
Betonkubatur: ca. 5000 m³
Perm. Anker vorgespannt: 221 Stk.
Perm. Anker ungespannt: 370 Stk.

Technical data

Construction: 2019–2021
Construction costs retaining walls:
CHF 15.2 million
Total length: approx. 340 m
Height: max. 23.7 m
Total visible area: 5,500 m²
Excavation/rock removal:
approx. 20,000 m³
Concrete cubage: approx. 5,000 m³
Perm. Anchors prestressed: 221 pcs.
Perm. Anchors untensioned: 370 pcs.



Fig. 5

Aushub und temporäre Sicherung; Linienbaustelle hinter dem Schutzgerüst.

Excavation and temporary anchoring; line construction site behind the protective scaffolding.

(© Emch+Berger WSB AG)



Fig. 6

Erstellung der Ort betonwand in Etappen.

Construction of the in-situ concrete wall in stages.

(© Emch+Berger WSB AG)

Construction

With a few exceptions, traffic on the cantonal road had to be maintained on two lanes during the night. Accordingly, the space conditions on the approximately 350 m long line construction site were extremely tight at the beginning of the work. The construction site logistics were a major challenge. A protective scaffolding between the cantonal road and the construction site provided a robust separation and reduced the restrictions on crane use despite the proximity to the traction current installations, see Figure 5.

The slope was cut in small stages and secured with a temporary nail wall. In the upper areas with less favourable geological conditions, a layer of temporary strand anchors was placed. These powerful anchors reinforced the nail wall here, reduced deformations and, with surveillance anchors, allowed for reliable supplementation of monitoring. Where the healthy rock was cut, the shotcrete lining could be largely dispensed with and the rock – if necessary – secured directly with rock bolts. Where untensioned anchoring was planned for the final state, the permanent rock bolts (protection level 2b) were already used to secure the excavation. They were equipped with a second anchor

Der Bau der eigentlichen Stützmauer – eine monolithische Stahlbetonkonstruktion – erfolgte von unten nach oben in 8 m breiten Betonieretappen variabler Höhe (Fig. 6). Mehrheitlich wurden die Bohrungen für die vorgespannte Verankerung per Handlafette ab dem Arbeitsgerüst erstellt. Die temporären Litzenanker durften entspannt werden, sobald die knapp darunterliegenden permanenten Litzenanker festgesetzt waren.

Für die Ausführung stand inklusive Installation und Strassenbau eine Bauzeit von rund zwei Jahren zur Verfügung. Zwischen der Kranmontage und -demontage blieben 16 Monate für die Erstellung der Stützmauer. So mussten beispielsweise neben den laufenden Ankerarbeiten je Woche bis zu acht Betonieretappen erstellt werden. Die Arbeiten konnten im Frühling 2021 termingerecht abgeschlossen werden. Allen Beteiligten sei an dieser Stelle herzlich für den grossen Einsatz gedankt.

plate and integrated into the reinforced concrete walls.

The construction of the actual retaining wall – a monolithic reinforced concrete structure – was carried out from bottom to top in 8 m wide concreting stages of variable height (Fig. 6). Most of the boreholes for the prestressed anchors were drilled by means of a hand-held mount from the working scaffold. The temporary strand anchors could be released as soon as the permanent strand anchors just below them were installed.

The construction time, including installation and road construction, was about two years. Between the crane assembly and disassembly, 16 months remained for the construction of the retaining wall. For example, in addition to the ongoing anchoring work, up to eight concreting stages had to be completed each week. The work was completed on schedule in spring 2021. We would like to take this opportunity to thank all those involved for their great commitment.

Autor/Author

Stephan Etter

Dr. sc. ETH, Dipl. Bauing. ETH,
Bänziger Partner AG
CH-8045 Zürich
s.etter@bp-ing.ch

Zürich-Altstetten, Verbreiterung zentrale Personenunterführung Zurich-Altstetten, widening of the central pedestrian underpass

Philipp Angehrn, Martin Karli, Peter von Euw

Einleitung

Die bestehende 65 m lange und 4 m breite Personenunterführung (PU) beim Bahnhof Zürich-Altstetten verbindet den Altstetterplatz mit dem Vulkanplatz und unterquert dabei 8 Gleise. Die ständig zunehmende Frequentierung des Bahnhofs hat die Kapazitätsgrenze der bestehenden PU überschritten. Deshalb wurde an praktisch identischer Lage eine neue PU mit einer Breite von 12,5 m und behindertengerechten Bahnzugängen realisiert.

Wesentliche Randbedingungen Denkmalschutz

Der 1966–1968 gebaute Bahnhof mit 9-stöckigem Wohnhochhaus

Introduction

The existing 65 m long and 4 m wide pedestrian underpass (PU) at Zurich-Altstetten train station connects Altstetterplatz with Vulkanplatz and passes under 8 tracks. The steadily increasing use of the station has exceeded the capacity limit of the existing PU. Therefore, a new PU with a width of 12.5 m and an access for disabled people was built at almost the identical location.

Essential boundary conditions

Monument protection

The station, built between 1966 and 1968, with a 9-storey residential high-rise in fair-faced concrete, is a major work of the Swiss

in Sichtbeton stellt ein zentrales Werk des SBB-Architekten Max Vogt dar. Das Bahnhofgebäude und die beiden Perrondächer der Mittelperrons sind als Schutzobjekte von kantonalen Bedeutung inventarisiert. Sichtbare Veränderungen an der bestehenden Struktur waren deshalb zu minimieren und mit der kantonalen Denkmalpflege abzustimmen.

Grundwasser

Der Projektperimeter liegt im südlichen Randbereich des Limmat-Grundwasserstroms, der jahreszeitlichen Schwankungen, den Pumpmengen der nahen Grundwasserfassungsanlage und den Infiltrationsmengen der Limmat unterworfen ist. Die PU liegt auf



Fig. 1
Neue Personenunterführung, Blick Richtung Vulkanplatz.
New pedestrian underpass, view towards Vulkanplatz.



Fig. 2

Temporäre Passerelle als Zugang zu den Mittelperrons während der Bauzeit.

Temporary walkway as access to the central platforms during the construction period.

Federal Railways architect Max Vogt. The station building and the two platform roofs of the central platforms are listed as protected objects of cantonal importance. Visible changes to the existing structure were therefore to be minimised and agreed with the cantonal monument preservation office.

Groundwater

The project perimeter lies on the southern edge of the Limmattal groundwater flow, which is subject to seasonal fluctuations, the pumping rates of the nearby groundwater collection facility and the infiltration rates of the Limmat. At the level of the lower edge of the bottom slab the PU is located approx. 2.30 m below mean water level and runs at

Höhe Unterkante der Bodenplatte ca. 2,30 m unter dem Mittelwasser und verläuft quer zur Fliessrichtung des Grundwassers. Um die Durchflusskapazität aufrechtzuerhalten, wurde in Absprache mit dem Amt für Grundwasser die lichte Höhe der PU auf 2,80 m reduziert. Zudem wurde nebst seitlichen Ersatzmassnahmen auch unterhalb der Bodenplatte ein rund 0,75 m hoher Kieskoffer eingebaut.

Betriebliche Randbedingungen

Während den Bauarbeiten waren sämtliche Gleis- und Perronanlagen ständig in Betrieb. Im Bereich des Bahnbetriebs konnten die Arbeiten lediglich zu definierten, kurzen Sperrzeiten während der Nacht erfolgen. Wochenendsperren für gewisse Gleise bildeten dazu die Ausnahmen. Um während der gesamten Bauphase die Bahnzugänge zu gewährleisten, wurde für die vollständige Schliessung der bestehenden PU eine temporäre Passerelle als Gerüstkonstruktion mit je 2 Treppenaufgängen pro Perron/Zugang realisiert.

Architekturkonzept

Das Neubauprojekt sollte das Konzept des bestehenden Bau-

right angles to the direction of the groundwater flow. In order to maintain the flow capacity, the clear height of the PU was reduced to 2.80 m in consultation with the Office for Groundwater. Furthermore, in addition to lateral replacement measures, an approximately 0.75 m high gravel layer was installed below the slab.

Operational boundary conditions

During the construction work, all track and platform systems were in constant operation. In the area of railway operations, the work could only be carried out at defined, short closure times during the night. Weekend closures for certain tracks were the exceptions. In order to guarantee access to the railway during the entire construction phase, a temporary walkway in the form of a scaffold construction with 2 stairways per platform/access was installed for the complete closure of the existing PU.

Architectural concept

The new construction project was to support and continue the concept of the existing monument on the Altstetterplatz side. The staircase for access to the PU was replaced by a straight 7.50 m wide

Bauherrschaft/Owner

Schweizerische Bundesbahnen SBB
Projektierung und Bauleitung/Project
planning and construction management

Generalplanergemeinschaft PU A:
Basler & Hofmann AG, Esslingen
dsp Ingenieure + Planer AG, Uster
Theo Hotz Partner AG, Zürich
e-pag engineering AG, Zürich
vogtpartner, Winterthur
Ausführung/Execution
Anliker AG Bauunternehmung,
Emmenbrücke

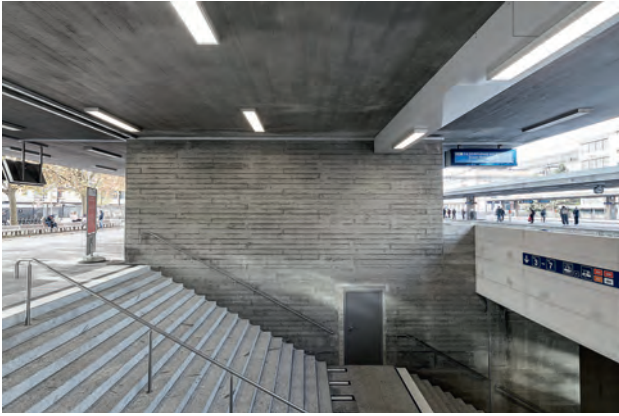


Fig. 3
Treppe im denkmalgeschützten Bahnhofgebäude.
Stairs in the listed station building.



Fig. 4
Treppe und Lift im Connex-Gebäude.
Stairs and lift in the Connex building.

denkmals auf Seite Altstetterplatz stützen und weiterführen. Die Treppenanlage für den Zugang zur PU wurde durch eine geradlinige 7,50 m breite Treppe ersetzt. Die Betonbrüstung gibt ein grosszügiges Treppenauge frei, das in einer Flucht mit der bestehenden Wandscheibe des Hochhauses ausgeführt wurde, um Tageslicht in die PU zu führen. Der neue Lift wurde im bestehenden Bahnreisezentrum eingebaut. Der Zugang erfolgt vom Perron beim Bahnhofsgebäude. Das geschützte Ensemble von Max Vogt konnte so ohne Beeinträchtigung weiterentwickelt werden. Unterschiedliche Raumhöhen strukturieren die neue PU in Längsrichtung. Unterhalb der Perron- und Zugangsbereiche wurde mit einer maximalen Raumhöhe von rund 4 m gearbeitet. Im Bereich unter den Gleisen musste die lichte Raumhöhe auf 2,80 m beschränkt werden. Die Rhythmisierung trägt zur Lesbarkeit der 65 m langen PU bei, schafft gute Aussenbezüge und sorgt für Übersicht. Angesichts der beträchtlichen Breite der PU wurde mit einer im Zentrum liegenden Stützenachse gearbeitet. Die 10 Stützen sind als rote Rahmen lesbar ausgebildet und tragen gestalterisch zur Bauwerksidentifikation bei.

Bei den Treppenaufgängen auf die beiden Mittelperrons wurde das Lichtauge über der Treppe zu-

flight of stairs. The concrete balustrade reveals a generous stair-case light well, which was designed in alignment with the existing wall slab of the high-rise building to allow daylight into the PU.

The new lift was installed in the existing railway travel centre. Access is from the platform at the station building. The protected ensemble by Max Vogt could thus be further developed without any interference.

Different room heights structure the new PU in the longitudinal direction. Below the platform and access areas, a maximum room height of around 4 m was used. In the area below the tracks, the clear room height had to be limited to 2.80 m. The rhythmic arrangement contributes to the legibility of the 65 m long PU, creates good external references and ensures a clear overview. In view of the considerable width of the PU, a central axis of columns was used. The 10 columns are legible as red frames and contribute to the identification of the structure.

gunsten der Perronfläche klein gehalten. Dank neuer Stahlstaketengeländer anstelle der bestehenden Betonbrüstungen und der Ausführung der Lifte in Glas kann dennoch natürliches Licht in die PU geführt werden.

Der Anschluss der PU an den nordseitigen Vulkanplatz erfolgt über eine neue Treppen- und Liftanlage im Untergeschoss des freistehenden Connex-Gebäudes der direkt angrenzenden Überbauung West-Link.

Tragwerkskonzept Personenunterführung – Gleisbereich

Die PU wurde als vollständig im Baugrund eingebettetes, schlaff bewehrtes und geschlossenes Rahmentragwerk ausgebildet. Durch die integrale Bauweise konnte ein robustes und unterhaltsfreies Bauwerk erstellt werden. Deckenplatten und Längsträger bilden die Gleiströge, die in Feldmitte auf Stahlbetonrahmen ruhen. Die gut tragfähigen Lim-matschotter ermöglichten eine

Technical data

Length 65 m, width 12.5 m, clear height 2.80 m
Undercrossing of 8 operating railway tracks

Deadlines

Project planning, planning approval, tendering: 2013–2017
Implementation project planning: 2018–2021
Realisation: 2018–2021

Technische Daten

Länge 65 m, Breite 12,5 m, lichte Höhe 2,80 m
Unterquerung von 8 in Betrieb stehenden Bahngleisen

Termine

Projektierung, Plangenehmigung, Submission: 2013–2017
Ausführungsprojektierung: 2018–2021
Realisierung: 2018–2021



Fig. 5
Glaslift und höherliegende Decke im Perronbereich.
Glass lift and higher ceiling in the platform area.



Fig. 6
Denkmalgeschütztes Perrondach mit neuem Bahnzugang.
Listed platform roof with new railway access.

In the stairways to the two central platforms, the light well above the stairs was kept small in favour of the platform area. Thanks to the new steel railings instead of the existing concrete balustrades and the design of the lifts in glass, natural light can still stream into the PU.

The PU is connected to the north side of Vulkanplatz via a new staircase and lift system in the basement of the free-standing Connex building of the directly adjacent West-Link development.

Structural concept

Passenger underpass – track area

The PU was designed as a completely in soil embedded, closed reinforced frame structure. Thanks to the integral construction method, it was possible to create a robust and maintenance-free structure. Floor slabs and longitudinal girders form the track troughs, which are supported at midspan through reinforced concrete columns (red frames). The high load-bearing capacity of the Limmat gravel enabled a continuous flat foundation for the PU.

The low working height between the auxiliary track bridges and the concrete structure made conventional construction of the slab considerably more difficult. In order to be able to carry out the concrete and especially the sealing work to the required quality, a minimum working space of 1.20

durchgängige Flachgründung der PU.

Die geringe Arbeitshöhe zwischen den Gleishilfsbrücken und dem Betontragwerk erschwerte die konventionelle Ausführung der Decke erheblich. Um die Beton- und insbesondere auch die Abdichtungsarbeiten in der geforderten Qualität ausführen zu können, wurde ein minimaler Arbeitsraum von 1,20 m Höhe angestrebt. Für die Schaffung dieses Arbeitsraums wurden die Gleiströge auf einem tiefliegenden Schaltisch inkl. Anschlusseisen für die Wände komplett erstellt. Nach erfolgter Festigkeitsentwicklung und nach Abschluss der Abdichtungsarbeiten wurden die Gleiströge mit Hilfe von Presstürmen und Hydraulikpressen kontrolliert bis in die Endlage angehoben. Unmittelbar nach dem Aufpressen wurden die PU-Wände mit selbstverdichtendem Beton unterbetoniert. Um Lufteinschlüsse in der Arbeitsfuge zwischen Wand und Decke zu verhindern, wurden die Wände während dem Betonieren über in der Decke eingelegte Rohre entlüftet.

Als Anforderung an die Dichtigkeit gegen das drückende Grundwasser gilt die Dichtigkeitsklasse 2. Alle erdberührten Bauteile wurden daher als wasserdichte Betonkonstruktionen ausgeführt. Um allfällige Nachinjektionen auf ein Minimum zu reduzieren,

m height was aimed for. To create this working space, the track troughs were completely constructed on low-lying formwork table, including connecting reinforcing bars for the walls. After sufficient concrete strength developed and the sealing work had been finished, the track troughs were raised to their final position with the help of jacking towers and hydraulic jacks. Immediately after jacking up, the PU walls were concreted underneath with self-compacting concrete. To prevent air pockets in the construction joint between the wall and the slab, the air vents were inserted in the slab.

The requirement for tightness against groundwater is tightness class 2. All components in contact with the ground were therefore constructed as watertight concrete structures. In order to reduce any subsequent injections to a minimum, a flexible waterproofing (fresh concrete composite membrane) was additionally applied over the entire surface. The waterproofing of the ceiling was done conventionally with two layers of polymer bitumen waterproofing membranes and mastic asphalt protective layer.

Passenger subway – platform area

In contrast to the track troughs, no intermediate supports are required in the platform area due

wurde zusätzlich vollflächig eine flexible Abdichtung (Frischbetonverbundfolie) appliziert. Die Abdichtung der Decke erfolgte konventionell mit zwei Lagen Polymerbitumen-Dichtungsbahnen und Gussasphalt-Schutzschicht.

Personenunterführung – Perronbereich

Im Gegensatz zu den Gleiströgen sind im Perronbereich aufgrund der wesentlich geringeren Nutzlasten und Spannweiten keine Zwischenabstützungen erforderlich. Die quertragenden, in den Gleiströgen eingespannten Perrondecken werden von den nichttragenden Liftschächten durchdrungen.

Die Perrondecken und die seitlichen Treppenaufgänge zu den Perrons konnten nach dem Anheben der Gleiströge zwischen den Längsträgern der Perronhilfsbrücken betoniert werden. Dazu wurden einzelne Elemente der Perronhilfsbrücken vorzeitig ausgebaut, um ausreichend Arbeitsraum für die Betonierarbeiten zu schaffen.

Unterfangung des neunstöckigen Wohnhochhauses

Das Wohnhochhaus inkl. Sockelbau auf der Seite Altstetterplatz besteht aus 9 Obergeschossen und einem Untergeschoss, das auf einer massiven Bodenplatte flach fundiert ist. Für den Neubau mussten Bereiche der bestehenden Bodenplatte zurückgebaut werden. Um diesen Eingriff in die bestehende Tragstruktur zu ermöglichen, wurden alle tragenden Wandscheiben im Baupერიmeter vor den Abbrucharbeiten mit 16 m langen Jettingsäulen unterfangen, die die Lasten in die tieferliegenden, gut tragfähigen Schichten des Baugrunds abtragen.

Bauausführung

Baugrubenabschlüsse und Grundwasserhaltung

Die Baugrubenabschlüsse wurden mit gebohrten Rühlwandträgern (Mikropfähle im Gleisbereich in 2 Reihen bilden zugleich das Auflager für die Gleishilfsbrücken)



Fig. 7

Hochgepresste Decke über ursprünglichem Schaltisch.

High jacked ceiling over the utilized formwork.

to the significantly lower live loads and spans. The platform ceilings span transversely and are fixed into the track troughs. They are penetrated by the non-load-bearing lift shafts.

The platform ceilings and the lateral stairways to the platforms could be concreted between the longitudinal girders of the auxiliary platform bridges after the track troughs had been raised. For this purpose, individual elements of the auxiliary platform bridges were removed in advance in order to create sufficient working space for the concreting work.

Underpinning of the nine-storey high-rise residential building

The high-rise residential building, including the base construction on the Altstetterplatz side, consists of 9 upper storeys and a basement, which has a flat foundation on a solid bottom slab. For the new building, areas of the existing bottom slab had to be removed. In order to enable this intervention in the existing structure, all load-bearing walls in the construction area were underpinned with 16 m long jetted columns before the demolition work, which transfer the loads to the deeper, stronger bearing layers of the ground.

realisiert. Die dazu erforderlichen kleinkalibigen Geräte sind kompakt und konnten sowohl im Gleisbereich als auch auf den Perrons eingesetzt werden. Die Zufahrt in den Sperrpausen erfolgte per Bauzug über einen Bahnanschluss. Zur Überprüfung des Mikropfahlkonzepts und zur Optimierung der Einbindelängen der Mikropfähle wurden vorgängig Bohr- und Mikropfahlbelastungsversuche durchgeführt.

Für die Grundwasserhaltung wurden mit Grossbohrgeräten teilweise zwischen den Gleisen Filterbrunnen erstellt. Die insgesamt 14 Filterbrunnen mit Bohrdurchmesser 1,20 m und Filterrohrdurchmesser 0,60 m wurden mit einer Bohrtiefe von 12 bis 16 m realisiert. Für den Betrieb der Wasserhaltungsanlage wurden die Ableitungen zu den Absetzbecken in Gräben unter bzw. neben den Gleisen verlegt. Das anfallende Wasser wurde über eine rund 2 km lange Ableitung in die Sickerbrunnen gepumpt, wo es versickerte.

Gleis- und Perronhilfsbrücken

Für die Aufrechterhaltung des Betriebs waren im Gleisbereich insgesamt 6 Standard-SBB-Hilfsbrücken sowie eine eigens konstruierte Spezialhilfsbrücke im



Fig. 8
Armierung der Bodenplatte unter den Gleis- und Perronhilfsbrücken.
Reinforcement of the bottom slab under the auxiliary track and platform bridges.

Construction

Excavation pit closures and groundwater drainage

The excavation pit closures were constructed with drilled wall beams (micropiles in the track area in 2 rows also form the support for the auxiliary track bridges). The small-calibre equipment required for this is compact and could be used both in the track area and on the platforms. The equipment was brought in with a construction train. To check the micropile concept and to optimise the embedment lengths of the micropiles, drilling and micropile load tests were carried out beforehand.

For groundwater maintenance, filter wells were partially constructed between the tracks using large drilling rigs. A total of 14 filter wells with a drilling diameter of 1.20 m and a filter pipe diameter of 0.60 m were drilled to a depth of 12 to 16 m. For the operation of the dewatering system, the drains to the settling basins were laid in trenches under or next to the tracks. The water produced was pumped via an approximately 2 km long discharge line into the seepage wells, where it seeped away.

Weichenbereich erforderlich. Für eine vollflächige Abdeckung des Baugrubenbereichs wurden an den 6 Standard-SBB-Hilfsbrücken seitliche Konsolen befestigt und mit einem begehbaren Holzaufbau eingedeckt.

Alle Gleishilfsbrücken wurden statisch in Längsrichtung als einseitig gehaltene, einfache Balken mit kraftschlüssiger Bettung an den Brückenenden ausgebildet. Die Hilfsbrücken wurden auf Querträgern aus Stahl gelagert und zur Aufnahme von Schlingerkraften seitlich gehalten. Die Auflagerträger wurden zur Abtragung der Bahnlasten direkt mit dem Rühlwandkopf verbunden.

Die Lage und Anordnung der Perronhilfsbrücken wurde so gewählt, dass die weiteren Bauarbeiten, wie zum Beispiel das Aufpressen der Gleiströge und das Betonieren der Perrondecke nicht behindert wurden. Um die Gleiströge unterhalb der Hilfsbrücke erstellen zu können, wurde ein möglichst niedriger Brückenquerschnitt angestrebt. Die Hilfsbrückenkonstruktionen trugen die Perronlasten ab und wirkten zusätzlich als Baugrubenspriessung.

Auxiliary track and platform bridges

In order to maintain operation, a total of 6 standard SBB auxiliary bridges were required in the track area as well as a specially constructed auxiliary bridge in the switch area. For a full-surface covering of the excavation area, lateral brackets were attached to the 6 standard SBB auxiliary bridges and covered with a walkable wooden superstructure.

All auxiliary track bridges were designed statically in longitudinal direction as single-sided supported, simple beams with friction-locked bedding at the bridge ends. The auxiliary bridges were supported on steel cross girders and held laterally to absorb horizontal train loads. The cross girders were directly connected to the head of the wall beams to transfer the railway loads.

The position and arrangement of the auxiliary platform bridges was chosen in such a way that further construction work, such as jacking on the track troughs and concreting the platform slab, was not hindered. In order to be able to construct the track troughs underneath the auxiliary bridge, the aim was to achieve the lowest possible bridge cross-section. The auxiliary bridge constructions carried the platform loads and also acted as excavation pit bracing.

Autoren/Authors

Philipp Angehrn
dipl. Bauing. ETH
Basler & Hofmann AG
CH-8133 Esslingen
philipp.angehrn@baslerhofmann.ch

Martin Karli
dipl. Bauing. FH, EMBA FH
martin.karli@dsp.ch

Peter von Euw
dipl. Bauing. FH
peter.voneuw@dsp.ch

dsp Ingenieure + Planer AG
CH-8610 Uster