Sanierung eines Leitungsmastes im Rutschhang

Autor(en): **Flück, H.R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 46

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77559

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

brauch an Zementsuspension grösser als angenommen (R > 0,6 m).

Erstellen und Verschieben des Tunnels im Taktverfahren

Im Bauprogramm des Projektverfassers war vorgesehen, nach Abschluss der Aushubarbeiten und Erstellen der Baugrubenabschlüsse zuerst den Tunnel zu betonieren und einzuschieben. Erst später sollten die Lifte mit den Maschinenräumen erstellt und mit dem Tunnel verbunden werden.

Nach der Vergabe der Rohbauarbeiten wurde das Bauprogramm zeitlich gestrafft und der Rohbau der Liftanlagen vorverlegt. Da die Unterbauten der Lifte unter die Tunnelsohle reichen, musste als Folge dieser Umstellung mit einer lokalen Auflockerung des Bodens unter der liftseitigen Vorschubbahn gerechnet werden.

Die mit der Verschiebung des Tunnels betraute Spezialfirma (*J. Iten*, Oberägeri) schlug eine kontinuierliche Auflagerung des Tunnels auf der Vorschubbahn mit oberer und unterer Stahlplatte vor. Die Kontaktfläche wurde mit Graphit geschmiert (siehe Zeichnung).

Aufgrund von Erfahrungswerten schätzte die Spezialfirma den mittleren Reibungswert μ auf 0,125 und legte die Einrichtung zum Vorschieben auf eine maximale Pressenkraft von 3760 kN aus. Bei einer grössten Verschiebelast von 26 000 kN im letzten Takt entspricht dies einem Grenzwert für die Reibung von $\mu < 0{,}145$.

Der erste Tunnelabschnitt ist Anfang Juni 1988 erstellt worden. In fünf Arbeitstagen mussten pro Takt rund 225 m² geschalt, bis 13,5 t Armierung verlegt, 80 m³ Beton eingebracht, verdichtet und nachbehandelt sowie 65 m² Deckenisolation aufgebracht werden. Da der Tunnelboden bei späterem Anstieg des Grundwassers unter den Wasserspiegel zu liegen kommt, ist ein schwindarmer, relativ wasserundurchlässiger Beton vorgeschrieben worden ($W/Z \leq 0{,}45$).

Für die Bauarbeiten der einzelnen Takte war jeweils Montag bis Freitag vorgesehen, das Verschieben fand am Samstagmorgen statt.

Das erste kürzere Element von 700 kN Gewicht wurde am 11. Juni mit einer Stosskraft von 113 kN verschoben (μ = 0,161). Im Diagramm sind die gemessenen Stosskräfte und die berechneten Reibungswerte μ in den einzelnen Vorschubetappen bis zum letzten Takt am 11. September 1988 aufgetragen.

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass ab Takt 9 der Reibungswert von unter 0,14 bis in die Nähe des Grenzwertes von 0,145 anstieg. Deshalb wurde zwischen den Takten 12 und 13 eine provisorische Dilatation mit Zwischenpressen eingerichtet. Dank dieser technisch einfachen Massnahme konnten in den letzten Vorschubetappen die Gesamtlast in zwei Teillasten aufgeteilt und diese Teillasten alternierend einzeln verschoben werden.

Einen Hinweis für die Ursache des ab Takt 9 erhöhten Reibungswertes gibt der Umstand, dass der Vorschub nicht genau in Tunnelachse, sondern stets mit einer seitlichen Abweichung nach rechts erfolgte (im Rahmen des möglichen Spiels zwischen den Führungsnokken). Diese seitliche Verschiebung wurde ohne Schwierigkeit nach jedem Vorschub mit Hilfe von Pressen rückgängig gemacht.

Die Abweichung der Vorschubrichtung von der Tunnelachse nach rechts ist wahrscheinlich zurückzuführen auf eine geringfügige Senkung und Verdrehung der rechten Vorschiebebahn infolge der Auflockerung des Bodens beim Bau der benachbarten Liftunterbauten.

Nach dem störungsfrei abgelaufenen Herstellen und Einschieben des Tunnelkastens sind der Zwischenraum zwischen Vorschubbahn bzw. Baugrubensohle und Tunnelboden mit Zementmörtel ausgepresst und die Liftanlagen mit dem Tunnel monolithisch verbunden worden.

Am Bau Beteiligte:

Bauherrschaft:
PTT Generaldirektion, Bern
Vertreten durch:
SBB Bauabteilung Kreis III, Sektion Tiefbau.

Bauingenieur:
F. Preisig AG, Zürich, dipl. Bauing. ETH/SIA/ASIC

Projekt und Bauleitung
(*H.-R. Stierli, E. Schelbert, A. Huber*)

Bauunternehmung:
AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich

Bauleitung

Eine positive Überraschung war der trotz schwieriger Randbedingungen völlig termingemässe und reibungslose Ablauf der Bauarbeiten entsprechend dem nach der Submission aufgestellten Bauprogramm. Zum guten Gelingen des Bauvorhabens haben auch die besonderen Erfahrungen und der grosse Einsatz des Unternehmers (einschl. Unterakkordanten) beigetragen.

Eine im Bauablauf kritische Phase war der Ein- und Ausbau der Hilfsbrücken – vor allem der 18 Gleishilfsbrücken während der kurzen Nachtbetriebspausen von 6–7 Stunden. Hier übernahmen die routiniert und ohne Hast arbeitenden SBB-Equipen die Hauptaufgabe. Diese Arbeiten liefen jedesmal ohne Störungen innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit ab.

Adresse des Verfassers: Hans-Rudolf Stierli, dipl. Ing. ETH, c/o F. Preisig AG, dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, Grünhaldenstrasse 6, 8050 Zürich.

Sanierung eines Leitungsmastes im Rutschhang

Ausgangslage

Die tückischen geologischen Verhältnisse im oberen Baselbiet sind seit langem bekannt. Grossflächige Hangrutschungen während der Erstellung von Kunstbauten sind trotz vorgängigen geologischen Untersuchungen keine Seltenheit.

In neuester Zeit wurde eine Hangrutschung ohne auslösende Bauarbeiten südlich von Ormalingen festgestellt,

VON H. R. FLÜCK, BADEN

wobei sich ein Abspann-Winkelmast der 400-kV-Leitung Gösgen–Froloo mit der gleitenden Erdschicht 0,95 m talwärts bewegte und zusätzlich 1,16 m von der Lotrechten abwich. Die Mastneigung betrug am 20. Juni 1989 2,6%. Gleichzeitig wurden unterschiedliche Absenkungen aller vier Fundamentsockel gemessen. Die grösste Differenz betrug 14,5 cm.

Mit Sondierbohrungen wurde eine 4–5 m unter Terrain, im Opalinuston liegende, vernässte und unter arthesischem Druck stehende Gleitschicht festgestellt. Ein Abklingen des Gleitvorgangs ist nicht in Sicht. Eine umge-

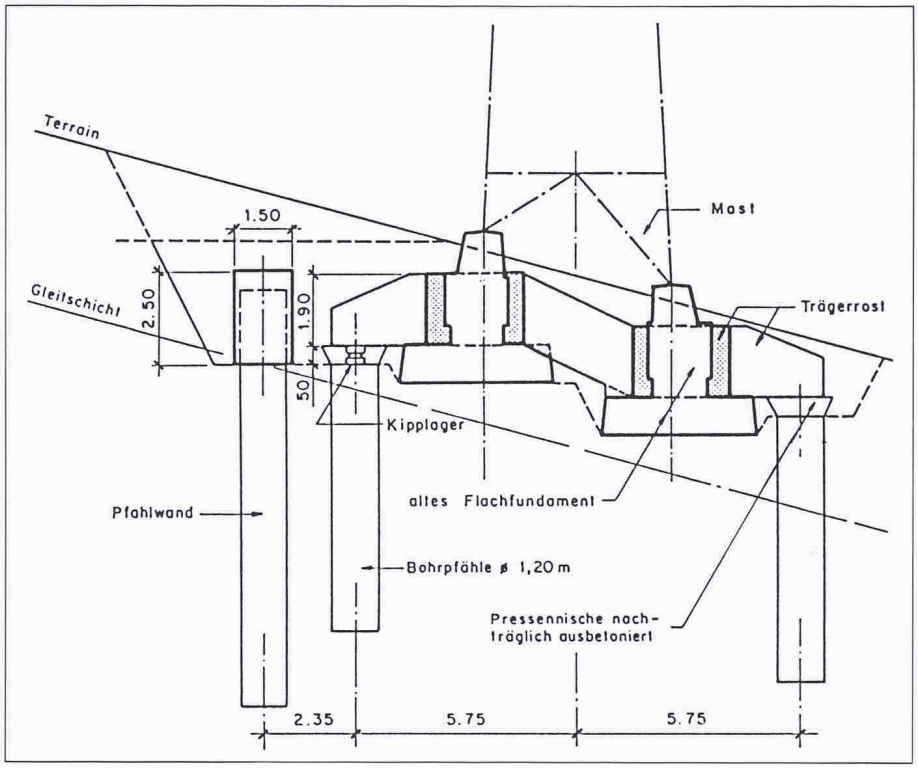

Bild 1. Schnitt durch Gitterrost

hende Sanierung drängte sich deshalb auf.

Sanierungsmöglichkeiten

Nachdem ein geologisches Gutachten über die örtlichen Bodenverhältnisse vorlag, waren folgende Fragen zu klären:

- Wie soll der Baugrund stabilisiert werden?
- Soll ein neuer Mast mit neuen Fundamenten erstellt oder der bestehende Mast aufgerichtet werden?
- Abschaltmöglichkeiten der Leitung?
- Bautermine?
- Kosten?

Vom Aufrichten der Mastkonstruktion allein wurde abgesehen. Da die Mast-Eckstiele aus Doppelprofilen bestehen, wird das Einschweissen von Verlängerungen vor Ort als zu unsicher betrachtet.

Nach eingehender Untersuchung wurde eine Baugrund-Stabilisierung ohne Mastneubau nach Vorschlag der Grundbau-Beratungs AG, St. Gallen, welche über einschlägige Erfahrungen verfügt, beschlossen:

- Der gesamte Maststandort wird als eine von den gleitenden Erdmassen umflossene Insel ausgebildet.
- Die Stabilisierung der bestehenden Fundamente mit Erdankern fällt ausser Betracht, da für die errechnete Anzahl Anker die notwendige Fundamentfläche fehlt.

Baugrund-Stabilisierung

Sie bestand aus drei Massnahmen:

- Die bestehenden vier Einzelfundamente werden in einen armierten Trägerrost eingebunden. Die äusseren Querträger des Rostes werden als Konsolen verlängert und gründen auf vier vorgängig erstellten Ortsbetonpfählen ∅ 120 cm.
- Mittels hydraulischen Pressen zwischen Pfahlkopf und Konsole wird der Trägerrost individuell angehoben, bis der Mast wieder senkrecht steht. Pfahlkopf und Konsole werden anschliessend starr miteinander verbunden. Dadurch werden nun die Mastlasten, welche vorher durch die Fundamente auf den Baugrund übertragen wurden, über den Trägerrost in die Pfähle abgeleitet.
  Auf eine horizontale Verschiebung der Fundamente an den ursprünglichen Standort wird aus Kostengründen verzichtet.
- Der bergseitige Staudruck infolge Hanggleitung wird oberhalb des Mastes durch eine Reihe von sechs Pfählen, verbunden mit einem Betonriegel, abgefangen. Um den bergseitigen Staudruck durch die zu erwartende Biegung der Pfähle nicht auf das talseitige Erdreich zu übertragen, wird dort eine 1 m breite und bis auf die Kote der Fundamentsohle reichende Pufferzone eingebaut.
- Da die Erdschicht beidseits der oben beschriebenen Pfahlwand weiterhin talwärts gleiten wird, muss ein seitlicher Abriss gegen die Fundamente hin provoziert werden:
  An beiden Enden der Pfahlwand und rechtwinklig zu ihr wird je ein Graben von 1 m Breite bis auf die Tiefe von 5 m (Gleitschicht) ausgehoben und mit Rollkies aufgefüllt. Diese Füllungen eliminieren die seitliche Reibung, so dass die Fundation auf einer ruhenden Insel gründet.

Bauvorgang

Zufahrt:

Zur Heranschaffung von Geräten und Baumaterial war eine 4 m breite Piste mit Kehrplatz zu erstellen, wobei auch eine bestehende Bachbrücke verstärkt werden musste.

Pfählungen:

Die Ortsbetonpfähle sind im harten, ruhenden Opalinuston eingespannt und haben folgende Abmessungen:

Fundamentpfähle: ∅ 1,20 m, Länge 7 m, Armierung 12 ∅ 22 mm

Wandpfähle: ∅ 1,2 m, Länge 11 m, Armierung 22 ∅ 30 mm.

Mastverankerung:

Nach den Pfählungsarbeiten wurde der Mast an vier Kreuzungspunkten Eckstiel/Auslegeruntergurt mit Stahlseilen ∅ 16 mm verankert.

Da Leiter- und Erdseile während der Arbeiten abgespannt blieben, waren Winkelzug, Winddruck auf Seile sowie mutmassliche Temperaturschwankungen massgebend für die Anker-Vorspannung. Die Ankerseile wurden an zwei separat erstellten Ortsbetonpfählen abgespannt, wobei ein Nachregulieren während des Mastaufrichtens zu berücksichtigen war.

Trägerrost:

In einer ersten Etappe wurde das Erdmaterial um alle vier Sockel bis auf OK Grundplatten entfernt, die Fundamentschaftwände aufgerauht und die untere Hälfte des Rostes erstellt.

In einer zweiten Etappe wurden die vorhandenen Riegelverbindungen zwischen den Einzelfundamenten zertrümmert (sie behinderten die neue Armierung), die obere Hälfte des Rahmens erstellt und der unterstochene Teil der vier Grundplatten freigelegt.

Aufrichten des Mastes:

Mit je vier hydraulischen Pressen (Hubkraft 4×50 t) zwischen drei Pfahlköpfen und Konsolen wurde der Fundamentrahmen, von Pfahl zu Pfahl unterschiedlich, von 13,0 cm bis 31,1 cm angehoben. Der vierte Pfahlkopf wurde

mit einem unverschiebbaren, allseits drehbaren Neoprenlager versehen.

Während des Hebevorgangs wurde die Mastverankerung ständig angepasst, um die berechnete Seilspannung einzuhalten.

An drei Seiten einer Konsole befestigte und auf den entsprechenden Pfahlkopf übergreifende, 3 m lange Flanschträger (DIN 20) dienten als Sicherung gegen ein seitliches Verschieben der schwebenden Fundamentkonstruktion. Die Befestigung der DIN an der Konsole erfolgte der grossen Kräfte wegen mit je 4 schraubbaren Armierungsstahl-Ankern ∅ 25 mm (Swiss-Gewi).

Verbindung Pfahlkopf–Konsole:

Um eine starre Verbindung zu erhalten, wurden bei jedem Pfahl vier Gewi-Anker ∅ 25 mm auf die Pfahlarmierung aufgemufft und, mit Hüllrohren versehen, in die Konsolen einbetoniert. Nach Füllung des Pressenraumes unter den Konsolen wurden die Gewi-Stäbe mit Platten auf den Konsolen verankert und die Hüllrohre ausgegossen.

Schlussarbeiten:

Nach Wiedereinfüllen der Fundamentgrube, Erstellen der stirnseitigen Pufferzone und der seitlichen Gleitfugen wurde die Verankerung entfernt und die Zufahrt aufgehoben.

Zeitbedarf

Die Baustellenzufahrt wurde innert 2 Wochen erstellt. Die Pfählungsarbeiten beanspruchten 3 Wochen; für das Ausheben, Schalen, Armieren und Betonieren des Trägerrostes wurden 7½ Wochen benötigt. Das Einrichten und Abräumen der Hebevorrichtung dauerte 5 Tage, der Hebevorgang 1 Tag. In einer Woche wurden die Fundamentgruben wieder aufgefüllt und die seitlichen Gleitfugen erstellt.

Am Tag des Hebevorgangs wurden beide Leitungsstränge ausser Betrieb genommen. Zum Anbringen der Mastanker musste eine Stromschlaufe provisorisch überführt werden, was einer Ausschaltung des einen Leitungsstrangs von weiteren 4 Tagen bedurfte.

Schlussbetrachtung

Die entscheidende Frage war: Soll der alte Mast saniert oder soll neben dem alten ein neuer Mast erstellt werden? Die Kosten für beide Alternativen wurden ungefähr gleich hoch geschätzt.

Für eine Sanierung des alten Mastes sprachen:

- Die Arbeiten mussten vor Wintereinbruch 1989 beendet sein. Die Terminvorgaben lauteten günstiger für die gewählte Alternative, und die Ausschaltzeiten konnten von vier auf eine Woche reduziert werden.
- Die Seile mussten nicht abgesenkt, verlängert und wieder hochgezogen werden. Aus- und Wiedereinbau der Feldabstandhalter entfielen. Die Leitung musste lediglich kurze Zeit zu Sicherheitszwecken abgeschaltet werden.
- Der Winkelmast am alten Ort ergab keinen zusätzlichen Leitungswinkel bei den benachbarten Tragmasten und somit dort keine Mehrbelastung.

Im Hinblick auf die immer kürzer gewährten Abschaltzeiten für eine Freileitung ist diese Sanierungsmethode interessant.

Adresse des Verfassers: *H. R. Flück*, Bauing. HTL, Colenco Power Consulting AG, Elektro- und Leittechnik, Postfach, 5401 Baden.

Für gute Architektur braucht es: Mut, Nerven, Durchhaltewillen

«Wie können die öffentliche Hand, Institutionen und Private gute neue Architektur fördern?» Um diese Frage ging es an einer Tagung, die der Bündner Heimatschutz am 24. August 1990 in Chur veranstaltete.

«Der Mensch gestaltet die Erde. Und häufig überstellt er sie mit Botschaften, die negativ sind. Ich denke zum Beispiel an all die klägliche Architektur, die aus Unfähigkeit, Lieblosigkeit und Profitgier gebaut wird. Jedes dieser missglückten Häuser macht die Welt um etwas trauriger, und sie beanspruchen mehr Raum als die Quadratmeter, die sie besetzen . . .» (so *A. Urweider* im «Sonntagsblick» vom 21.8.1989).

Da der Bündner Heimatschutz nicht glaubt, dass Wunder an diesem Tatbestand etwas ändern, versucht er es in mühseliger Kleinarbeit, z.B. mit Fachtagungen anlässlich seiner Generalversammlungen. Das Thema ist dabei vorwiegend «neue Architektur». Seine Anliegen sind die kritische Beobachtung alles Neugebauten durch die Bürgerinnen und Bürger und die öffentliche Diskussion.

Die Frage der diesjährigen Tagung hiess: Kann die Öffentlichkeit gute Architektur fördern? Oder besser, wie es der Denkmalpfleger des Kantons Bern, *Bernhard Furrer*, formulierte: Wie kann sie dazu beitragen, dass der Durchschnitt des Gebauten besser wird? Ihm ging es nicht um Spitzenqualität, nicht um die «Duftnoten der nomadisierenden Stararchitekten», sondern um die Masse des Gebauten, um die durchschnittlich Begabten, die Macher in den Architekturbüros, in den Generalunternehmungen und Immobilienfirmen. Grundsätzlich hält er das geistige Klima und die «bauliche» Kultur, welche in einer Stadt, in einer Gemeinde oder einer Region herrschen, für ausschlaggebend. Gute Architektur entsteht nicht zufällig, sondern wird vom Willen der Allgemeinheit oder mindestens ihrer Opinionleaders getragen, gestützt, gefördert.

Eckpfeiler guter Architektur

Folgende Möglichkeiten wurden bereits – allerdings nur in Einzelfällen – ausprobiert. (Es geht anscheinend, wenn auch nur mühselig):

Geschichte des Ortes weitererzählen

Stadtplanungen und Ortsplanungen müssen auf einer sorgfältigen Analyse der Landschaft und der bestehenden Bauten aufgebaut sein. Haben sie eine tragende Idee und räumliche Vorstellungen, so sind die Grundpfosten für eine besser gestaltete Umwelt schon mal eingerammt.

Lesen der unmittelbaren Umgebung

Die präzise Analyse des Quartiers, der direkt angrenzenden Strassen und Aussenräume sind für B. Furrer ein weiterer Baustein zu guter Architektur.

Die Stadt Bern hat beispielsweise mit dem Bauklassenplan die Voraussetzungen dazu geschaffen, dass solche Analysen zu jedem städtebaulich wichtigeren