Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 112 (1994)
Heft: 33/34

Artikel: Verstärkung einer schiefen Plattenbrücke
Autor: Wilhelm, Hans Andreas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78493

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Verstärkung einer schiefen Plattenbrücke

Eine Bauwerksinspektion gab Anlass für die statische Überprüfung einer schiefen Plattenbrücke. Schliesslich war eine wesentliche statische Verstärkung der Brückenplatte mittels aufgeklebter Stahllamellen und eine umfangreiche Riss-Sanierung erforderlich. Die meisten Arbeiten mussten «unter Verkehr» ausgeführt werden.

Das Objekt

Beim Brückenobjekt mit der Bezeichnung N1/208a handelt es sich um eine dreifeldrige schiefe Plattenbrücke. Da

VON HANS ANDREAS WILHELM, AARAU

die beiden kleinen Randfelder aber nur durch ein konstruktiv ausgebildetes Gelenk angeschlossen sind, wirkt die Hauptspannweite der Brückenplatte über der Suhre wie eine einfeldrige schiefe Platte (Bild 1) mit folgenden Abmessungen:

- Schnittwinkel 52,3°
- Schiefe Länge 17,13 m
- Länge rechtwinklig zwischen den Lagern gemessen 13,55 m
- Brückenbreite 11,70 m
- Plattenstärke 50 cm

Die Brückenplatte ist in Längs- und Querrichtung «leicht» vorgespannt. Die Schlankheit der Platte beträgt 1/34 (bzw. 1/27 rechtwinklig zur Auflageraxe gemessen).

Statische Überprüfung des Brückenobjektes

In Zusammenhang mit der Zustandsanalyse für 4 Brückenobjekte der Suhrentalstrasse (Autobahnzubringer Aarau-West) wurden bei der Brücke über der Suhre Risse an der Plattenunterseite und gut sichtbare Deformationen der Konsolköpfe festgestellt. Aufgrund dieses Befundes wurde eine statische Nachrechnung des Objektes angeordnet.

Aus den Planunterlagen von 1965/66 war ersichtlich, dass die ganze schlaffe Bewehrung und die konstruktive Vorspannung in 2 Richtungen – parallel zum freien Rand und parallel zur Auflageraxe – verlegt worden ist. Die Richtung der Hauptmomente weicht aber im mittleren Bereich der Platte nur wenig ab von der senkrechten zur Widerlageraxe.

Der Nachrechnung wurden die heute gültigen SIA-Normen 160 und 162 (Ausgabe 1989) zugrunde gelegt. Es wurde eine Finit-Element-Berechnung für die schiefe Platte mit dem Programm Flash – unter Berücksichtigung der vorhandenen konstruktiven Vorpannung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Nachrechnung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die ursprüngliche Ermittlung der Hauptmomente war korrekt und weicht nur wenig von den Ergebnissen der Computerberechnung ab.

Bei der Bemessung der Bewehrungen wurde der Einfluss des von der Hauptmomentenrichtung abweichenden und stark schiefwinkligen Bewehrungsnetzes nur ungenügend berücksichtigt. Die vorhandenen Armierungsquerschnitte sind zu gering und wurden nicht in der Richtung der grössten Beanspruchungen verlegt. Die vorhandenen plastischen Bruchwiderstände sind in den kritischen Bereichen (Feldmitte, freie Ränder, stumpfe Ecke) viel zu klein. Der örtlich ermittelte Gesamtsicherheitsfaktor liegt in diesen Bereichen bei rund 0,90 bis 1,10 und ist somit viel kleiner als der geforderte Wert von rund 1,75 (Lastfaktor x Widerstandsfaktor). Eine Verstärkung der Brückenplatte musste unbedingt angeordnet werden.

Eine Beurteilung der verschiedenen Möglichkeiten zeigte bald, dass eine Verstärkung mit Stahl- oder Kohlenfaser-Lamellen die geeignete Lösung ist.

Eine Optimierung des Aufwands für die Verstärkung zeigte, dass die Lamellen rechtwinklig zur Auflagerlinie angeordnet werden sollten. Die Verstärkungslamellen schneiden so den in der Strassenlängsachse vorhandenen, durch das Quergefälle bedingten, Knick an der Plattenunterseite mit einem Winkel von 37,7°.

Die Verwendung von CFK-Lamellen musste unter anderem wegen der erforderlichen Verankerung infolge Kraftumleitung im Knick ausgeschlossen werden, da diese spröden Kohlenfasern keine nennenswerte Schub- und Querbiegezugfestigkeit aufweisen, und eine Vorspannung der Lamellen für diesen Fall auch nicht realisierbar gewesen wäre. Es wurde schliesslich eine Lamellenanordnung gewählt, die der Beanspruchung entspricht, die durch den vorhandenen Querschnittswiderstand nicht abgedeckt wird. Die Lamellenanordnung ist in Bild 2 dargestellt. Die Lamellen in der Stahlqualität Fe 360 mit einem Querschnitt von 200/10 mm durften keine Stösse oder Schweissnähte aufweisen.

Als wichtigster statischer Nachweis wurde ein oberer Grenzwert an einem Bruchmodell errechnet (Bruchlinie im Bild 2). Die elementweise elastisch ermittelten Beanspruchungen wurden in der «schiefen» Bruchlinie – mittels der plastischen Transformationsformel – gerechnet und aufsummiert und mit der Summe der Widerstände verglichen. Damit konnte gezeigt werden, dass – wenn auch örtlich die plastischen Widerstände noch immer ungenügend sind – doch mit der Mobilisierung der weni-

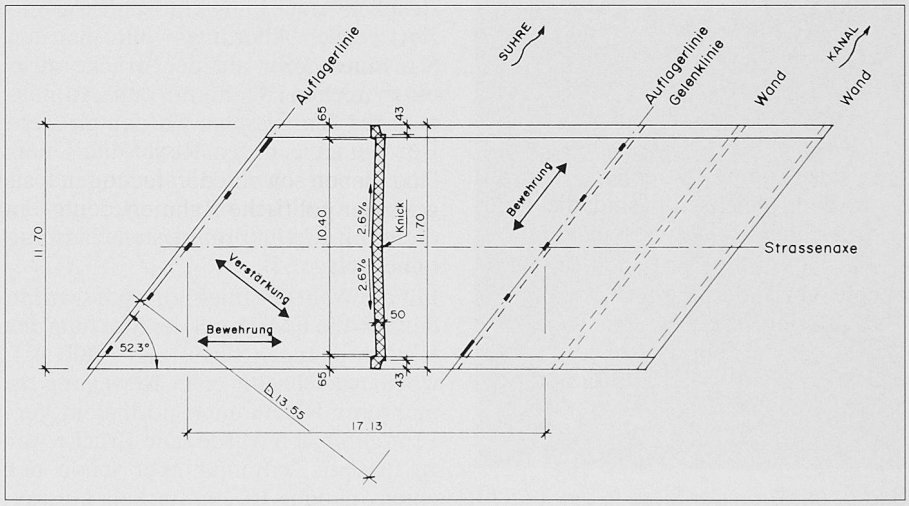

Bild 1. Objekt 208a, Suhrebrücke: Abmessungen der Brückenplatte

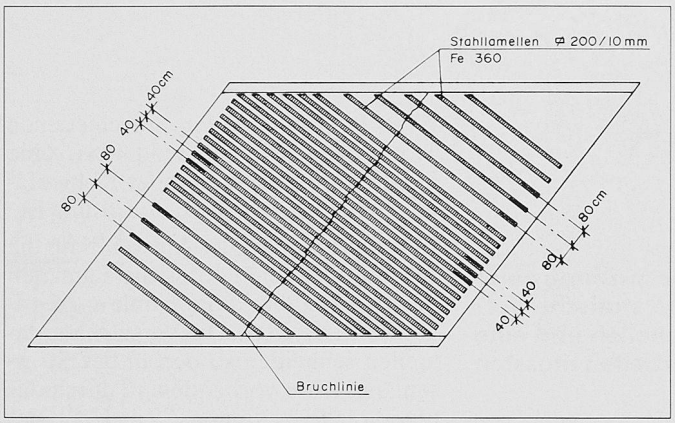

Bild 2. Lamellenanordnung und Bruchlinie

Bild 3. Risse an der Plattenuntersicht

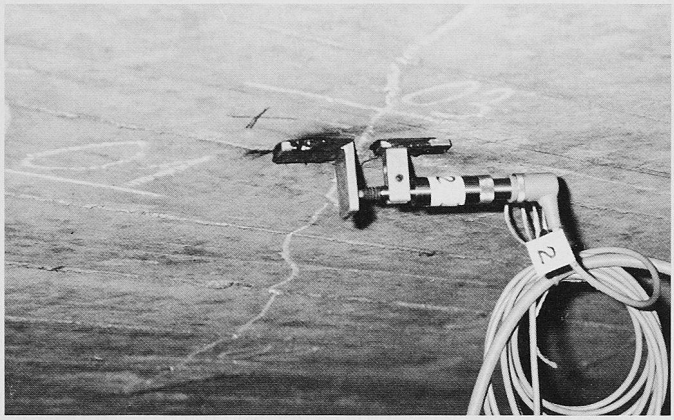

Bild 4. Messung der Rissbewegung unter Verkehr mt induktiven Wegaufnehmern durch die EMPA

Bild 5. Abdichten der Risse für die Injektion

ger belasteten Bereiche eine genügende Gesamtsicherheit gewährleistet wird.

Riss-Sanierung

Nachdem eine vollflächige Gerüstung unter der Brückenplatte erstellt war, konnte das vorhandene Rissnetz aufgenommen werden (Bild 3). Es wurde ein Rissplan erstellt. Die Risse verliefen im Abstand von rund 20 cm parallel zur Auflageraxe – in Richtung der vorhandenen Querbewehrung und Quervorspannung. Im mittleren Bereich der Platte wurden die Rissbreiten mit 0,20 – 0,30 mm gemessen. Die vorhandenen Risse und deren Richtung bestätigten die Richtigkeit der Modellannahme für die Berechnung (Rissrichtung = Richtung der Bruchlinie, rechtwinklig zur Verstärkung)!

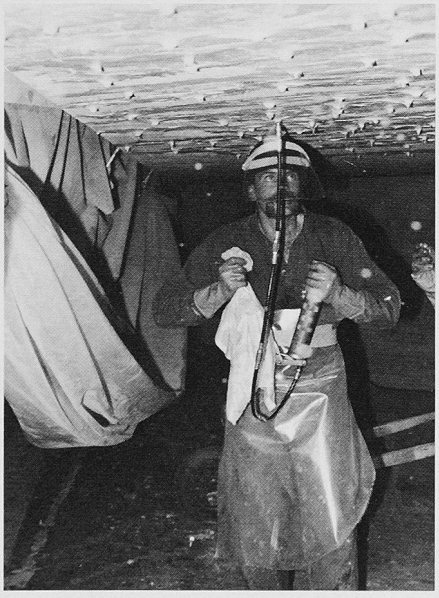

Bild 6. Injektion der Risse in den Nachtstunden

Die Risse mussten vorgängig der Brückenverstärkung kraftschlüssig injiziert werden. Allerdings wollte man den Strassenverkehr auf der Brücke nicht unterbrechen. Während den Aufnahmen für den Rissplan wurden grössere Bewegungen in den Rissen bei Überfahrten von schweren Fahrzeugen festgestellt. Die Brücke war allerdings zu diesem Zeitpunkt mindestens einseitig ohne Belag.

Für die Wahl des Injektionsgutes wurde deshalb die EMPA mit der Messung der Rissbewegungen beauftragt (Bild 4), wobei gleichzeitig die Bewegung in mehreren Rissen unter normalem Verkehr gemessen wurde. Die Brücke war zu diesem Zeitpunkt aber schon mit einem neuen, 10 cm starken Gussasphaltbelag versehen.

Die Rissbewegung unter Verkehr war bereits merklich kleiner als noch zum Zeitpunkt ohne Belag. Die gemessene Rissbewegung betrug max. 10% der Rissweite bei der Überfahrt von Lastwagen. Bei reinem PW-Verkehr waren die Rissbewegungen kaum messbar. Aufgrund der Messresultate wurde angeordnet, dass die Rissinjektionen während der Nacht (ohne LKW-Verkehr) auszuführen sind, dafür konnte auf die Verwendung von speziellem und teurerem Injektionsgut verzichtet werden.

Als Vorbehandlung wurde die ganze Untersicht sandgestrahlt. Danach waren auch die vorhandenen Risse besser sichtbar und viele zusätzliche Risse wurden noch gefunden. Alle vorhandenen Risse > 0,2 mm sollten injiziert werden. Dies ergab eine totale Risslänge von 490 m! Es wurden rund 2 500 Klebepacker versetzt. Die Risse wurden mit Avenit EP-Klebemörtel abgedichtet (Bild 5).

Diese Vorbereitungsarbeiten konnten tagsüber, die Injektionsarbeiten jeweils nachts ausgeführt werden (Bild 6). Nach den Injektionsarbeiten mussten die Injektionsnippel und die Rissverdämmung entfernt und die Untersicht – von Hand! – abgeschliffen werden.

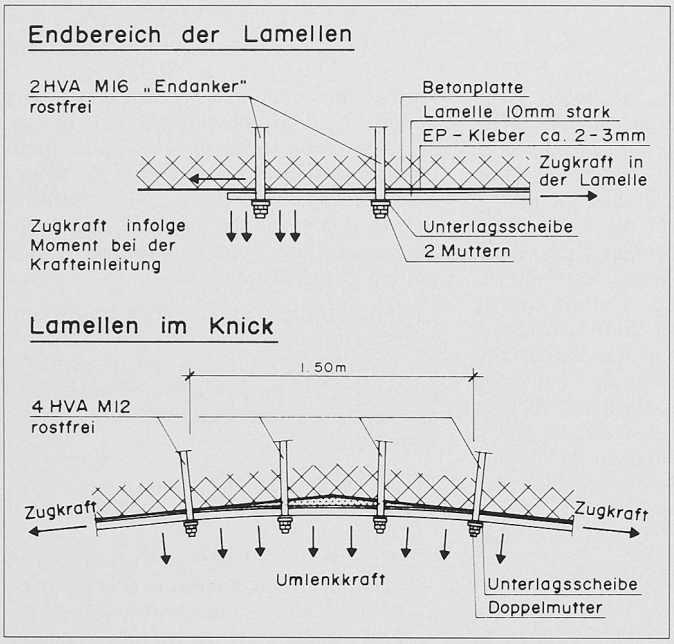

Bild 7. Verankerung der Lamellen

Bild 8. Aufbringen des Klebers auf die Lamellen

Verstärkungsmassnahmen mit Stahllamellen

Die Klebearbeiten für die Stahllamellen konnten so geplant werden, dass sie während den Deckbelagsarbeiten auf der Suhretalstrasse, die in dieser Zeit für die Verkehr gesperrt war, ausgeführt werden konnten. Dennoch mussten auch hier die nachfolgend beschriebenen Vorbereitungsarbeiten tagsüber, und die eigentlichen Klebearbeiten nachts – ohne Baustellenverkehr – durchgeführt werden.

Der Knickwinkel von rund 3° an der Brückenuntersicht wurde mittels einer Schablone mit EP-Mörtel auf 1,50 m Breite ausgerundet. Die Axen der Lamellen wurden an der Untersicht exakt aufgezeichnet. Dann wurden die Löcher für die Gewindestangen gebohrt, welche als Montagehilfen dienten und auch eine statisch wichtige Funktion als End- und Zwischenverankerungen – insbesondere am Lamellenende und beim Knick – erfüllen (Bild 7).

Die Gewindestangen mussten millimetergenau eingemessen werden, damit die Lamellen auf der Baustelle exakt vorgebohrt werden konnten. Der EP-Kleber war dachförmig auf den Lamellen aufzutragen – kurz vor dem Anpressen (Bild 8) – sodass überall seitlich der überflüssige Kleber herausgedrückt wurde und somit Gewähr bot für eine vollflächige Haftung der Lamelle.

Die verschiedenen Korrosionsschutzanstriche der Lamellen konnten erst nach Inbetriebnahme der Brücke ausgeführt werden. Die Lamellen hatten also bereits ihre Tragfunktion für Nutzlasten zu übernehmen. Deshalb durfte nur abwechslungsweise jeweils jeder zweite Dübel im Bereich des Knickes und am Lamellenende gelöst werden. Erst beim letzten Deckanstrich wurden die Muttern der Dübel gleichzeitig überstrichen.

Alle Dübel sind mit Doppelmuttern gesichert. Eine dünne Kunststoffunterlagsscheibe ist als Trennlage zwischen dem rostfreien Dübel und der Lamelle aus Baustahl eingesetzt.

Bauzeit und Kosten

Die Riss-Sanierungs- und Verstärkungsarbeiten an der Brückenuntersicht des Objektes 208a wurden in der Zeit vom 15. Juni 1993 bis zum 23. August 1993 ausgeführt.

Die spezifischen Kosten für die Riss-Sanierung betrugen (mit allen Vorarbeiten) Fr. 120.-/ml Riss. Die Verstärkungsmassnahmen mit Stahllamellen wurden mit allen Vorbereitungs- und Korrosionsschutzarbeiten zu Fr. 300.-/ml Lamelle abgerechnet.

Adresse des Verfassers: *H. A. Wilhelm*, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro, Schlossplatz 1, 5000 Aarau.

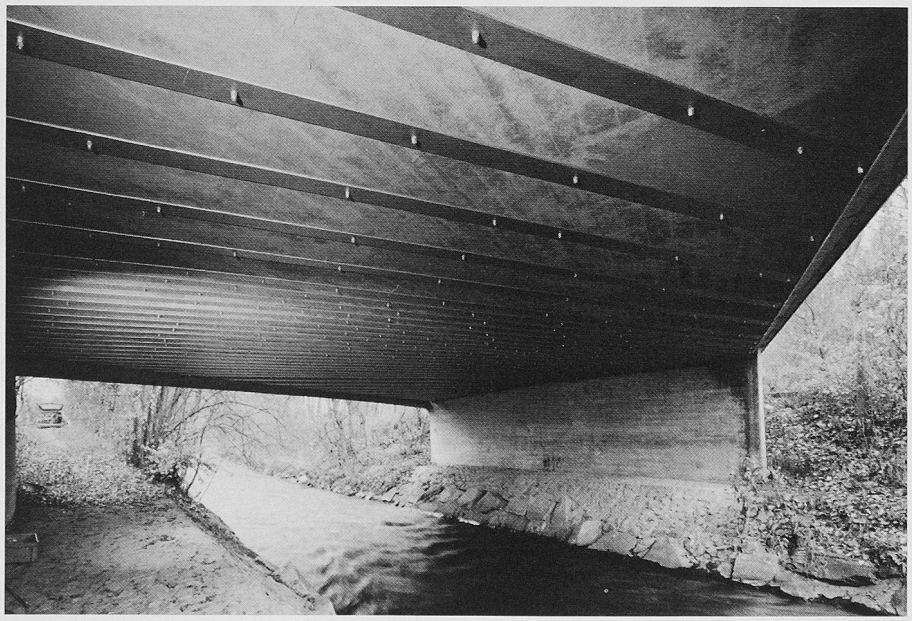

Bild 9. Fertig verstärkte Brücke

Beteiligte

Bauherr und Oberbauleitung
Baudepartement des Kantons Aargau Unterabteilung Brücken- und Tunnelbau

Zustandsanalyse
Ingenieurbüro Wilhelm, dipl. Ing. ETH/SIA, Aarau

Projekt und Bauleitung
Ingenieurbüro Wilhelm, dipl. Ing. ETH/SIA, Aarau

Ausführung
Stahlton AG, Frick/Fulenbach/Zürich