



Gesamtansicht der über 100 m langen Fußgängerbrücke vor der Sanierung. SIB Ingenieurgesellschaft mbH

SIB Ingenieurgesellschaft mbH

16

Betonschadensdiagnose rettet Standsicherheit Überführung: Wieder wie neu

Komplexe Rahmenbedingungen, tiefgreifende Schäden an den Stahlbetonstützen sowie während der Arbeiten akut auftretende Komplikationen machten die Sanierung einer gleisüberspannenden Fußgängerbrücke zu einer besonderen Herausforderung für Instandsetzungsplanung und -ausführung. | Rita Jacobs, Christoph Bock

Undichte Bewegungsfugen und zu kurze Ablaufrinnen waren die Ursache dafür, dass jahrelang Tausalzwasser an den Stahlbetonstützen einer Fußgängerüberführung entlang floss und schließlich zu standsicherheitsgefährdenden Schäden führte. An den Stützenköpfen waren die Chloride bis in eine Tiefe von 18 Zentimetern vorge drungen. Bei der Instandsetzung wurden die Stützenköpfe abgebrochen und neu betoniert sowie die Stützen bis zur Fundamentoberkante saniert. Komplexe Rahmenbedingungen, wie z. B. die Feststellung von Mikrorissen im Altbeton während des Betonabtrags, waren ebenso eine besondere Herausforderung.

Eine Brücke über neun Bahngleise

Viele Bauwerke der kommunalen oder bundeseigenen Infrastrukturen sind in die Jahre gekommen. Vielerorts sorgt dies für massive Probleme. Betroffen davon sind Brückenbauwerke, aber auch Unter- und Überführungen sowie Stützwände. Seit einigen Jahren wird daher massiv und konsequent in Erneuerung und Instandset-

zung der Anlagen investiert, um noch größeren Problemen vorzubeugen. An einem Bahnhof in Hessen wurde jetzt eine Fußgängerbrücke instandgesetzt. Die 1994 in Betrieb genommene Überführung überspannt mit einer Gesamtlänge von rund 103 Metern neun Bahngleise mit den dazugehörigen Bahnsteigen und ist eine nur schwer verzichtbare Verbindung zwischen Parkhäusern auf der einen Seite der Gleise und dem Bahnhof bzw. der Stadt auf der anderen Seite. Das mit einer Stahlkonstruktion überdachte Bauwerk besteht aus insgesamt sieben Feldern, die mit π -Spannbetonfertigteilen erstellt wurden. Pfeiler, Treppenabgänge und Podeste wurden aus Fertigteilen mit einem rötlich eingefärbten Splittbeton erstellt. Über drei Treppenabgänge bzw. Aufzüge, die direkt auf die Bahnsteige führen, gelangen die Reisenden zu ihren Zügen.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung war offensichtlich, dass die Stahlbetonkonstruktion der Fußgängerbrücke geschädigt war. Um das genaue Ausmaß der Schäden festzustellen, beauftragte das städtische Tiefbauamt die SIB Ingenieurgesellschaft mbH – ein Mitglied der Landes-

gütgemeinschaft Betoninstandsetzung und Bauwerkserhaltung Hessen-Thüringen e.V. – damit, eine ausführliche Betonschadensdiagnose über Art und Umfang der Schäden durchzuführen und die Standsicherheit der Stahlbetonbauteile anhand der ermittelten Baustoffkennwerte zu beurteilen. Das Unternehmen aus Ober-Mörlen hat sich auf Instandsetzungen im Bauwesen spezialisiert und erbringt sämtliche Untersuchungs-, Planungs- und Überwachungsleistungen, um instandsetzungsbedürftige Bauwerke wieder fit zu machen. Dabei kam heraus, dass die Stahlbetonkonstruktion der Fußgängerüberführung massiv geschädigt war und die Schäden standsicherheitsrelevant waren.

Schäden durch Tausalze

Besonders stark hatte dem Bauwerk der regelmäßige Winterdienst zugesetzt. Denn um zu gewährleisten, dass die Fußgänger die Brücke im Winter bei Schnee und Eis gefahrlos begehen können, wurden die begehbaren Flächen bei entsprechender Witterung mit Tausalzen abgestreut. Eine nicht fachgerechte Ausbildung der zu kurzen Ablaufrinnen, undichte und zu kurze Bewegungsfugen der π -Platten oberhalb der Stützen, wasserführende Risse und ungeschützte Sockelbereiche waren die Ursache dafür, dass jahrelang Tausalzwasser an den Stahlbetonbauteilen hinunterlief. Das mit Chloridionen angereicherte Wasser konnte über die porösen Splittbetonoberflächen in den Beton der Stützen eindringen, was auf Dauer zu einer Schädigung der Bewehrung führte. Besonders signifikant waren die Schäden an den Stützenköpfen. Die Chloride waren hier bis in eine Tiefe von 18 Zentimetern vorge drungen.

Um einen Überblick über die Schädigung des Betons durch Chloride zu erhalten und um festzustellen, ob bereits eine sogenannte Lochfraßkorrosion des Bewehrungs-

stahls vorliegt, entnahmen die Ingenieure an sichtlich geschädigten Stellen Bohrmehlproben mit tiefengestaffelten Messungen von jeweils 0 bis 20 mm und 20 bis 40 mm. Dabei zeigte sich, dass der Grenzwert, gemäß DIN-1045 von 0,4 Prozent bezogen auf den Zementanteil des Betons, bei allen Messstellen weit überschritten wurde.

Wegen der saugenden Splittbetonstruktur der Stahlbetonbauteile sowie der bei der ersten Untersuchung bereits festgestellten erheblichen Grenzwertüberschreitung wurden bei einer späteren, ergänzenden Betonschadensdiagnose weitere Bohrmehlproben entnommen, um zusätzlich die Chloridbelastung der Konstruktion in der

Die 1994 in Betrieb genommene Fußgängerbrücke nach der erfolgreichen Sanierung.



SIB Ingenieurgesellschaft mbH

17



An den Stützenköpfen wurde ein Chlorideintrag von bis zu 18 cm Tiefe festgestellt.



Fortgeschrittene Bewehrungskorrosion



Zu kurze Bewegungsfugen an TI-Platten oberhalb der Stützen



Zu kurze Ablaufrinnen, sodass Tausalzwasser jahrelang in die Stützenköpfe eindringen konnte, das dann entlang der Stützen abwärts floss.



Weitere städtische Baumaßnahmen im direkten Umfeld der Fußgängerbrücke führten zu einer Verkleinerung des Baufeldes.

Tiefe von 40 bis 60 mm bzw. 60 bis 80 mm zu untersuchen. Im Vergleich zur ersten Untersuchung konnte dabei in den Tiefen von 0 bis 20 mm sowie von 20 bis 40 mm eine weitere Zunahme der Chloridkonzentration diagnostiziert werden. In diesen Tiefen lag bei 100 Prozent der Proben eine Überschreitung der Grenzwerte vor. Im Bereich von 40 bis 60 mm ergaben die Untersuchungen bei 13 von insgesamt 14 Messstellen ebenfalls deutlich erhöhte Grenzwerte, im Bereich von 60 bis 80 mm war dies immerhin noch bei 57 Prozent der Proben der Fall. An Öffnungsstellen wurden zum Teil gravierende Schäden registriert, die gegenüber der früheren Betonschadensdiagnose deutlich zugenommen hatten. Teilweise konnte dabei eine einsetzende Chloridkorrosion (Lochfraß) festgestellt werden.

Erhalt der Konstruktion

Die Ergebnisse der Betonschadensdiagnose waren eindeutig: Die Schäden waren standsicherheitsrelevant. Entsprechend war die Instandsetzung der Stützenköpfe sowie der Stützen bis zur Fundamentoberkante unvermeidlich. Aus wirtschaftlichen Gründen entschieden sich die Verantwortlichen für ein kombiniertes Sanierungskonzept. Oberstes Ziel war der Erhalt der Konstruktion.

Das Konzept sah wegen der hohen Chloridbelastung den Abtrag der Stützenköpfe sowie deren Neubetonage und eine klassische Instandsetzung der Betonstützen vor. Zur lastfreien Bearbeitung der Stützen wurden Notunterstützungen aufgestellt, die während der gesamten Dauer der Maßnahme die Standsicherheit der Fußgängerbrücke gewährleisten.

Mikrorisse im Altbeton

Die Ausführung der Arbeiten war in jeder Hinsicht komplex. In enger Absprache mit der Deutschen Bahn konnten die Arbeiten teilweise nur in Nachtschichten durchgeführt werden. Wegen des Bahnverkehrs mussten dabei erhöhte Schutzvorkehrungen getroffen werden. Umfangreiche Sicherungsmaßnahmen waren auch wegen verschiedener Bautätigkeiten in unmittelbarer Umgebung der Überführung notwendig. Deswegen wurde der Beton nicht, wie ursprünglich geplant, mittels Hochdruckwasserstrahlen abgetragen, sondern abgestemmt. Gemäß Instandsetzungsrichtlinie waren beide Verfahren zulässig.

Nach Abschluss der Stemmarbeiten wurden die korrosionsgeschädigten Bewehrungsstähle ausgetauscht bzw. ergänzt. Die abschließend durchgeführten Haftzugsversuche ergaben Werte von 0,41 bis 1,08 N/mm² bzw. 0,60 bis 1,03 N/mm². Eine ausreichende Belastbarkeit und Spannungsaufnahme des Untergrunds waren nicht mehr gewährleistet. Die Ingenieure setzten daraufhin umgehend einen Baustopp durch. Zum Vergleich: Die ZTV-ING fordert einen Durchschnittswert von 1,5 N/mm² mit kleinsten Einzelwerten nicht unter 1,0 N/mm². Dem Auftraggeber allerdings brachte dies zunächst eine Behinderungsanzeige sowie eine Stillstandsanzeige ein.

Als Ursache konnten Mikrorisse im Altbeton identifiziert werden. Die sofort veranlassten mikroskopisch-morphologischen Untersuchungen wiesen ein auffälliges Rissbild an den Quarzsanden und Grobzuschlägen der Splitte auf. Diese Form der Gefügeschwächung ist herstellungsbedingt und geht nachweislich auf die Gesteinskörnung zurück. Auf Veranlassung der Ingenieurgesellschaft wurden an entnommenen Bohrkernen bereits gestemmter Bauteilflächen

im Labor daher nochmals tiefengestaffelte Haftzugsprüfungen durchgeführt. Im Ergebnis ergaben sich unzureichende Messwerte direkt an der gestemmtten Oberfläche, allerdings ausreichend gute Messwerte bereits in einer Tiefe von weiteren ca. 10 mm. Vergleichende Messungen an noch nicht gestemmtten Bauteilflächen zeigten ausreichend gute Messwerte über den gesamten Kernbeton. Damit konnte belegt werden, dass das Stemmverfahren bei diesem Splittbeton einen negativen Einfluss auf die ober-

PohlCon



Rundum perfekt betreut: Das PohlCon Synergie-Konzept für einfacheres Bauen.

Wir begleiten Ihr Projekt mit Full-Service in allen Bauphasen.



Wir beraten Sie von Anfang an und unterstützen Sie kundennah, flexibel und verlässlich. Mit uns an Ihrer Seite profitieren Sie von entlastenden Serviceleistungen und einzigartigen Synergien. Überzeugen Sie sich auf www.pohlcon.com

PohlCon Vertriebs GmbH
Nobelstr. 51 · 12057 Berlin · T +49 30 68 283-04 · contact@pohlcon.com



SIB Ingenieurgesellschaft mbH

Abtrag der Stützenköpfe. Links im Bild gut zu sehen: die Notunterstützung, die während der gesamten Dauer der Maßnahme die Standsicherheit der Überführung gewährleistet.

20

Die Lauffläche der Überführung erhielt einen Gussasphaltbelag auf Bitumenschweißbahnen, der gleichzeitig der Abdichtung diente. Zur zusätzlichen Rutschhemmung arbeitete die ausführende Fachfirma in die Oberfläche ein Muster in Form eines keltischen Knotens ein.

flächennahen Haftzugswerte hat. Das Stemmverfahren war zwar als alleinige Ursache für die schlechten Messwerte an den gestemten Oberflächen auszuschließen, verstärkte jedoch dieses Problem. Daraufhin wurde der Wechsel des Abtragsverfahrens auf HDW-Strahlen veranlasst. Durch vorgeschaltete Probestrahlungen wurde schließlich die geeignete Düsenteknik ermittelt. Es zeigte sich dabei, dass optimale Abtragsresultate mit einem Wasserdruck von 1.800 bis maximal 2.000 bar in Verbindung mit der 4-Punkt-Rotationsdüse erreicht werden konnten. Die



SIB Ingenieurgesellschaft mbH

Vergleich gestemte (unten) und gestrahlte Fläche (oben)



SIB Ingenieurgesellschaft mbH

einzelnen Schritte des Betonabtrags, der auf Grund der Ergebnisse aus tiefengestaffelten Haftzugprüfungen und der hohen Chloridbelastung an den Stützen bis in die Tiefe von ca. 18 cm erfolgen musste, wurden genauestens dokumentiert. Eine abschließende Auswertung der Haftzugwerte sowie der Rauheit ergab schließlich, dass optimale Voraussetzungen für den Verbund der aufzutragenden Materialien hergestellt werden konnten und die Mindestwerte für eine richtlinienkonforme Instandsetzung gemäß ZTV-Ing. eingehalten werden konnten.

Die fachgerechte Ausführung der Arbeiten wurde durch die Eigen- und Fremdüberwachung sichergestellt. Für die Fremdüberwachung kommen dabei nur Überwachungsstellen in Frage, die eine bauaufsichtliche Anerkennung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) bzw. der Obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder vorweisen können.

Abdichtung der Überführung

Um zu verhindern, dass die Tausalze weiterhin ungehindert in die Betonkonstruktion der Fußgängerbrücke eindringen, wurde während der Instandsetzungsmaßnahme auch die Überführung abgedichtet. Dabei wurden die Fugen erneuert und die Ablaufrinnen ausreichend dimensioniert. Die Lauffläche der Brücke erhielt einen Gussasphaltbelag auf Bitumenschweißbahnen, die der Abdichtung dienen. Zur Rutschhemmung arbeitete die ausführende Fachfirma in die Oberfläche ein Muster in Form eines keltischen Knotens ein. Da die Überführung durchgehend genutzt wurde, gestalteten sich diese Arbeiten besonders aufwändig. Es konnte nur nachts und einseitig überlappend gearbeitet werden. Diese Vorgehensweise hat sich auch beim halbseitigen Verschweißen der neuen Kombinationsprofile aus Fuge und Entwässerungsrinne bewährt. ◀



RITA JACOBS

► M.A.; arbeitet nach Studium und Ausbildung zur Redakteurin seit 1989 als selbständige freie Baufachjournalistin; führt ein PR-Büro mit Schwerpunkt Bau und Architektur in Düsseldorf und betreut die Pressearbeit namhafter Industrieunternehmen



CHRISTOPH BOCK

► Dipl.-Ing. (FH); schloss im Jahr 2008 sein Bauingenieurstudium in Berlin ab; wechselte nach sechsjähriger Tätigkeit als Bauleiter im Hochbau 2014 in die Verbandsarbeit; ist u. a. als Geschäftsführer der Bundesgüttegemeinschaft Instandsetzung von Betonbauwerken e.V. tätig

21

bauplaner

August – Special im Deutschen Ingenieurblatt

THEMA
DAS INGENIEURBÜRO/BAUSTOFFE
AZ: 30.07.2020
ET: 19.08.2020

DAS INGENIEURBÜRO/ BAUSTOFFE

Gabriele Strauchmann
strauchmann@schiele-schoen.de

Helena Haypeter
haypeter@schiele-schoen.de

Telefon: 030 / 253752-43 oder -29

bauplaner