

Neues Konzept

Instandsetzung einer infolge Zwang gerissenen WU-Bodenplatte mit textiler Carbonbewehrung

Marc Bucker, Ascheberg-Herbern, und Daniel Widmann, Dingolfing

Die Methoden zur Instandsetzung undichter „Weißer Wannen“ sind bekanntermaßen begrenzt. Auf ein Minimum reduziert sich die Auswahl, wenn Grundwasser dauerhaft mit hohem Druck erdseitig ansteht. In der Regel bleibt nur, wasserführende Risse mit Polyurethanharzen oder Acrylatgelen zu verpressen oder Schleier im Erdreich auszubilden, sofern dies geometrisch, geotechnisch und wasserrechtlich möglich ist. Kommen Zwangbeanspruchungen aus Temperatur hinzu und rufen flächendeckend wasserführende Risse hervor, führen auch Injektionsmaßnahmen nicht mehr zum gewünschten Erfolg. Verpresste Risse reißen durch die sich jahreszeitlich bedingt ändernden Rissbreiten in der Regel wieder auf und führen erneut Wasser mit entsprechenden weiteren Folgeerscheinungen. In dem Beitrag wird ein sich in der Testphase befindliches Konzept vorgestellt, das auf textiler Carbonbewehrung basiert.

1 Einleitung

Die Flughafen München GmbH betreibt seit dem Jahre 2003 ein zwischen den Terminals zentral gelegenes Parkhaus mit bis zu elf Ebenen und einer Kapazität von ca. 7200 Stellplätzen. Die Erstellung des Parkhauses erfolgte in den Jahren 2000/01, die offizielle Eröffnung im Jahr 2003.

Kurz nach der Eröffnung kam es in der Bodenplatte zu Rissbildungen mit Rissbreiten bis zu 0,4 mm und in der Folge zu Wassereintritten an denen das OS-System gerissen war und Blasenbildungen im aufgetragenen Oberflächenschutzsystem (OS11a). Jährliche Beobachtungen und Rissdokumentationen ergeben eine ständig anwachsende Anzahl an Rissen. Vorhandene Risse weiten sich zudem zunehmend aus (Bilder 1 und 2). Insbesondere im Winter nehmen die Schäden weiterhin durch das sich jährlich wiederholende Zusammenziehen der Bodenplatte zu.

Eisschollen bilden sich entlang der Risse durch das durchtretende Wasser (Bild 3). Blasen mit bis zu ca. 1,0 m Durchmesser und größer sowie mehreren Zentimetern Höhe müssen bis heute regelmäßig geöffnet und beseitigt werden. Nicht geöffnete wassergefüllte Blasen vereisen im Winter und stellen Stolperstellen dar (Bild 4). Durch den Wasserdurchtritt in Verbindung mit dem Schmelzwasser im Winter, bilden sich außerdem in den Tiefpunkten und Verdunstungsrinnen große Pfützen mit Breiten von bis zu ca. 2,0 m, was ein sicheres Durchschreiten dieser Flächen für Passanten nahezu unmöglich macht (Bild 5).

Zur Nachbesserung werden die wasserführenden Risse bis dato regelmäßig mit

PUR-I erfolglos verpresst. Zur Wiederherstellung der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Bodenplatte der Tiefgarage wurden von den am Projekt beteiligten Fachleuten diverse Instandsetzungsvarianten erarbeitet, deren Wirksamkeit in situ auf Testflächen (Lage siehe Bild 1) erprobt werden soll. Bauherrnseitig wurden Lösungsansätze mit Verstärkungen und verbesserten Rissbreitenverteilungen favorisiert und entsprechend vom beauftragten Ingenieurbüro in Zusammenarbeit mit der zuständigen technischen Abteilung für Bauunterhalt des Flughafens München geplant.

Um bei einer späteren möglichen Instandsetzung der gesamten Bodenplatte keine unnötigen Höhenprobleme (z.B. Treppeneingänge, Einhaltung der Mindestdurchfahrthöhen etc.) berücksichtigen zu müssen, war eine der wesentlichsten zusätzlichen Planungsanforderung, die Aufbauhöhen so gering wie möglich zu halten oder idealerweise ein gleiches Höhenniveau wie bisher zu halten.

Ein Instandsetzungskonzept auf Basis einer zusätzlich eingebauten Betonschicht mit textiler Carbonbewehrung anstelle der oberen Betonrandzone der Bodenplatte wird in diesem Beitrag vorgestellt.

2 Konstruktion und Schadensursache

Die maximalen Grundrissabmessungen des Parkhauses betragen ca. 170 m x 170 m. Die Stahlbetonbodenplatte und die zugehörigen Wände wurden als Weiße Wanne ohne Dehnfugen mit einem Beton der früheren Festigkeitsklasse B35 hergestellt. Beprobungen von Betonkernen ergaben infolge der

Die Autoren:

Dr.-Ing. Marc Bucker studierte Bauingenieurwesen an der TU Dortmund und promovierte am Lehrstuhl für Baubetrieb und Projektmanagement der RWTH Aachen. Danach war er als Geschäftsführer der Prof. Schiffers BauConsult GmbH & Co. KG, als Verkaufsingenieur der Goldbeck West GmbH sowie als Projektleiter der Projektsteuerung bei der assmann GmbH tätig. Seit 2017 ist er Mitglied der Geschäftsleitung der Quinting Zementol GmbH sowie der Quinting riluFORM GmbH und seit 2018 geschäftsführender Gesellschafter dieser Ingenieurgesellschaften.

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Widmann, MBA & Eng., M.B.P. studierte von 2002 bis 2006 Bauingenieurwesen an der FH Deggendorf mit den Schwerpunkten Tragwerksplanung und Baurecht. Anschließend arbeitete er bis Ende 2013 in der Tragwerksplanung, im Sachverständigenbereich und in der Betoninstandsetzung in der Firmengruppe Förster und Sennewald. Berufsbegleitend studierte Herr Widmann zusätzlich Wirtschaftsingenieurwesen an der Hochschule München sowie Bauphysik an der Universität Stuttgart in Verbindung mit dem Fraunhofer Institut IBP. Seit Anfang 2014 ist er mit eigenem Ingenieurbüro im Bereich der Tragwerksplanung, im Sachverständigenwesen und als Sachkundiger Planer in der Betoninstandsetzung tätig.

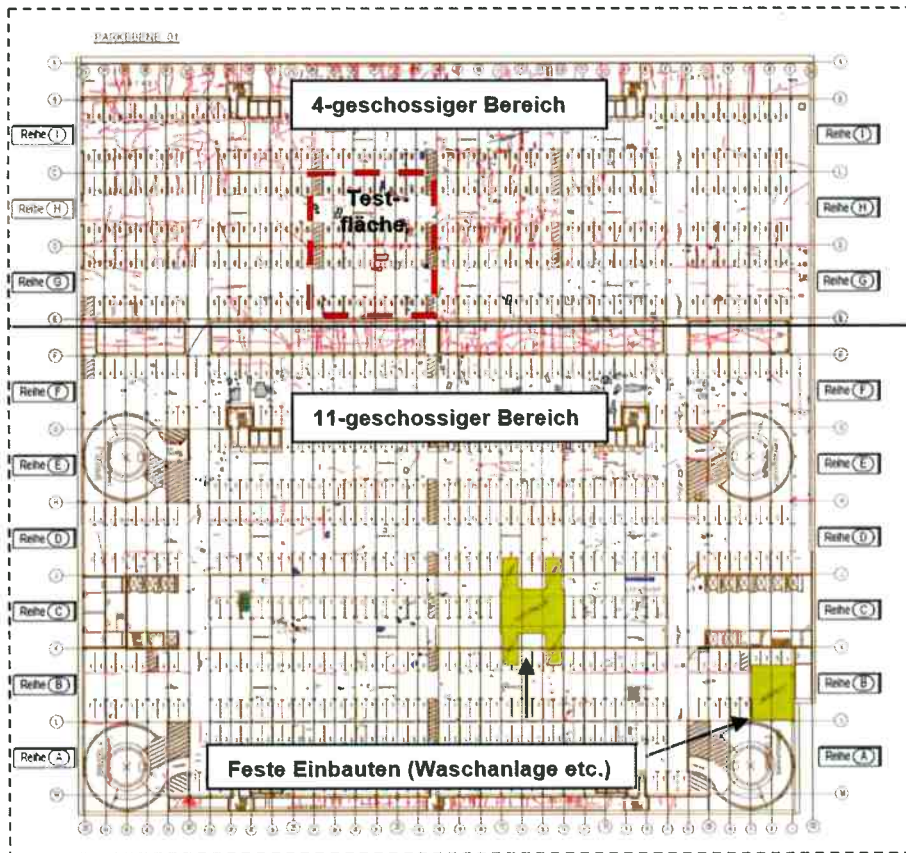


Bild 1: Grundriss mit Schadensdokumentation der Risse im Februar 2006

Nacherhärtung zwischenzeitlich Druckfestigkeiten eines Betons C50/60 und mehr.

Die Dicke der Bodenplatte variiert zwischen 90 cm (Regelquerschnittsdicke) und 135 cm im Bereich der Wände. Auf die Oberfläche der direkt befahrenen Bodenplatte wurde – wie bereits eingangs erwähnt – ein OS11a-System appliziert.

Der dauerhafte mittlere Grundwasserstand beträgt ca. 4,2 m, der Bemessungswasserstand ca. 5,5 m über der Unterkante der Bodenplatte. Das heißt, dass der höchste Grundwasserstand auf Höhe der zweiten Parkebene von unten anstehen würde. Bild 6 zeigt zur Übersicht die Konstruktion in zwei Schnitten.

Recherchen zur Ursache ergaben, dass u.a. die Bewehrungsmenge für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) eingehalten wurde. Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG), sowohl für den späten Zwang als auch für das Abfließen der Hydratationswärme, wurde die erforderliche Bewehrungsmenge nicht eingehalten bzw. unzureichend bemessen. Überdies hinaus wurde festgestellt, dass GEWI-Anker – insbesondere vermehrt in den nur 4-geschossigen Gebäudebereichen – zur Aufschwimmsicherung der WU-Konstruktion verbaut wurden. Durch die sich abzeichnende Risshäufung in diesem Bereich (s. Bild 1) wird angenommen, dass die GEWI-Anker für einen nicht unbedeutlichen Teil der Zwangsspannungen aus Längenänderung in horizontaler Richtung ursächlich sind (unterschätzte Einspann-

effekte bzw. geringere Überdrückung der Bodenplatte durch geringere Lasten).

Neben diversen Blasenbildungen des OS-Systems, Hohlstellen und Schollenbildungen



Bild 2: Rissbildung in einer OS11a-Beschichtung



Bild 3: Eisschollenbildung auf der Bodenplatte



Bild 4: Eisbildung in einer wassergefüllten Blase



Bild 5: Pfützenbildung in den Tiefpunkten

in der oberen Betonrandzone, zeichneten sich Arbeitsfugen aus den insgesamt 16 Betonierabschnitten stets deutlich und durch geradlinige Rissbildung in der Bodenplatte und in der Folge auch im OS-System ab.

3 Lösungsansatz Beton mit textiler Carbonbewehrung

Da durch die bisherigen Rissverpressmaßnahmen eine Abdichtung der gerissenen Bodenplatte nicht erreicht wurde und weiterhin Wasser durch die WU-Bodenplatte drang, wurde für einen Teilbereich als neuer Lösungsansatz eine Abdichtung aus einer 4 cm dicken, mit Carbondtextilien bewehrten Betonschicht ins Auge gefasst, die auf der instandsetzungsbedürftigen WU-Bodenplatte aufzubringen war.

Als Bewehrung wurden epoxidharzbeschichtete Carbondtextilmatten mit einem Rovingabstand in Kett- und Schussrichtung von 21 mm und einer mittleren Zugfestigkeit von ca. 3000 N/mm² ausgewählt. Derartige Carbondtextilmatten werden von der Quinting Zementol GmbH bereits seit geraumer Zeit zur Vermeidung wasserführender Trennrissen in besonders rissanfalligen Bereichen von WU-Betondecken zusätzlich zur Stahlbewehrung eingebaut (z.B. an einspringenden Ecken, nachträglich zu schließenden Deckenöffnungen). Insbesondere bei den einspringenden Ecken von Deckenplatten führte der Einbau der Carbondtextilmatten durchweg dazu, dass wasserführende Risse nicht mehr auftraten. Bei den Zulassungsuntersuchungen für diese Abdichtungstechnik, die am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) durchgeführt wurden, stellte sich heraus, dass die

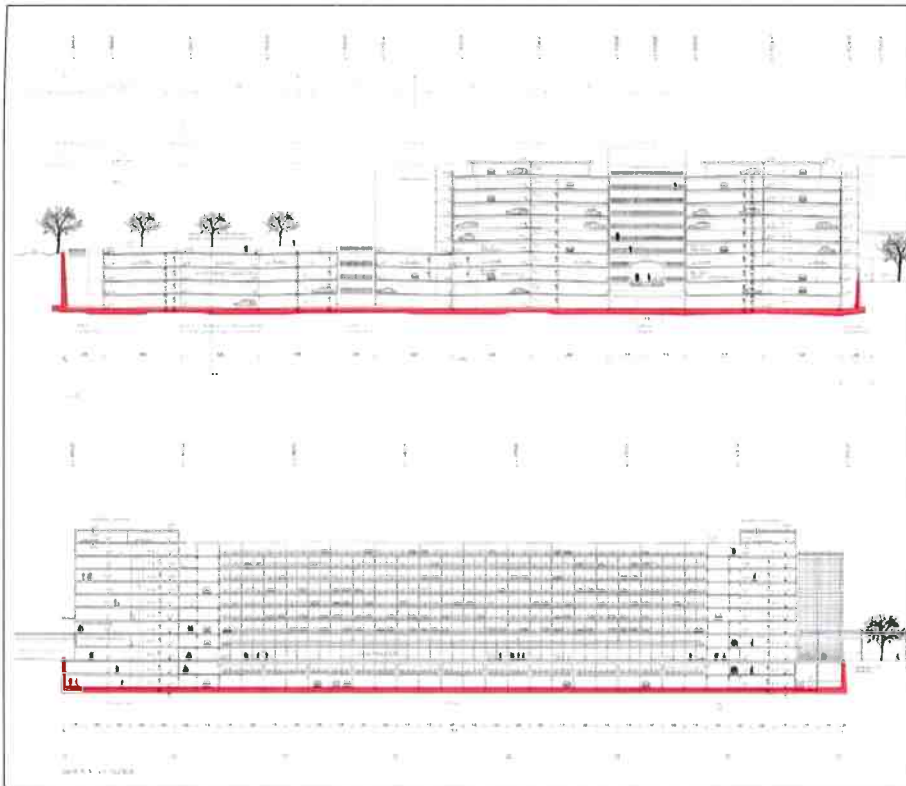


Bild 6: Schnitte durch das Parkhaus mit Darstellung der WU-Konstruktion (rot eingefärbt)

engen Rovingabstände und die hohen Zugfestigkeiten des Carbontextils dazu führen, dass sich unter Zugbeanspruchung erheblich mehr und entsprechend feinere Risse bilden, als dies bei gleicher Versuchsordnung bei einem herkömmlich bewerteten Beton der Fall ist.

Untersuchungen, die im Zuge anderer Forschungsprojekte am ibac durchgeführt wurden, kamen zu ähnlichen Ergebnissen. So wurden bei Untersuchungen dünne und mit Carbontextilmatten ein- bzw. zweilagig bewehrte Spritzbetonschichten zur Abdichtung auf einer gerissenen Unterkonstruktion aus Beton aufgebracht. Zuvor wurde beidseitig der Risse in der Unterkonstruktion ein Enthaftungsmaterial aufgebracht, sodass sich die Carbonbetonschicht in diesem Bereich unabhängig von der Unterkonstruktion verformen kann. Vergrößerte sich die Breite eines Risses in der Unterkonstruktion, bewirkte dies die Bildung mehrerer Risse in der Carbonbetonschicht (Bild 7). Die Breite dieser Risse war dabei deutlich geringer als die Breite des Risses in der Unterkon-

struktion [1, 2]. Sind die Rissbreiten in der Carbonbetonschicht ausreichend gering, kann Wasser durch diese Risse nicht mehr hindurchdringen. Ist auch das Betongefüge ausreichend dicht, ist die Carbonbetonschicht als Ganzes wasserundurchlässig und kann somit als Abdichtungsschicht wirken.

An die Carbonbetonschicht war jedoch nicht nur die Anforderung der Wasserundurchlässigkeit zu stellen, sondern auch die Fähigkeit, den Wasserdruck von unten in der Wirkungsweise einer Negativabdichtung aufzunehmen. Um zu verhindern, dass der Wasserdruck die Carbonbetonschicht hochdrückt, wurde eine rastermäßige Verankerung der Carbonbetonschicht in der Bodenplatte mittels Injektionsdübeln geplant. Der von unten wirkende Wasserdruck führt außerdem zu einer Biegebeanspruchung der verankerten Carbonbetonschicht. Für die Aufnahme der hieraus resultierenden Biegezugkräfte ist die Carbontextilbewehrung aufgrund ihrer extrem hohen Zugfestigkeit besonders geeignet.

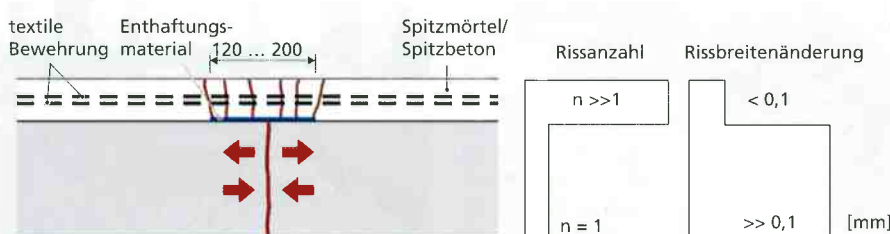


Bild 7: Funktionsweise des Instandsetzungssystems

Ein weiterer Vorteil dieser Bewehrung ist die geringe erforderliche Betondeckung. Aufgrund der Korrosionsbeständigkeit der Carbonfasern muss die Betondeckung nur so groß sein, wie es für die Einleitung der Kräfte aus der Betonmatrix in die Carbontextilbewehrung erforderlich ist. Eine Betondeckung von ca. 8 mm bis 10 mm ist hier in der Regel ausreichend, was auch für den Abstand der Carbontextilmatten bei mehrlagigem Bewehrungsaufbau gilt. Dadurch konnte die Abdichtungsschicht sehr dünn gehalten werden, was im Hinblick auf die einzuhaltenden Durchfahrthöhen die wesentliche Planungsanforderung war.

Für die 4 cm dicke Abdichtungsschicht wurde eine dreilagige Bewehrung mit Carbontextilmatten gewählt. Als Abstandhalter zwischen der Bodenplatte und der untersten Bewehrungslage sowie der Bewehrungslagen untereinander wurden Edelstahlbewehrungsstäbe mit einem Durchmesser von 8 mm vorgesehen. Bild 8 zeigt ein Modell dieses Aufbaus der Carbonbetonschicht.

4 Abmessungen und Varianten

Für die Testfläche mit Carbontextilien war ein Flächenbereich mit Abmessungen von ca. 35,0 x 21,5 m (ca. 750 m²) vorgesehen, der in vier Quadranten unterteilt wurde.

- Teilung in Längsrichtung:
 - 50 % als beschichtete Fläche mit OS8-System
 - 50 % mit einer 1-lagigen Bitumenbahn im Gies- und Einrollverfahren verlegt und in Kombination mit zwei Lagen Gussasphalt MA 11S, mit Quarzsand abgestreut
- Teilung in Querrichtung:
 - 50 % der Carbontextilschicht im direkten Verbund mit der Stahlbetonbodenplatte im Rissbereich
 - 50 % der Carbontextilschicht mit über dem Riss mittig liegender, 20 cm breiter Entkoppelungsschicht bestehend aus einer mineralischen flexiblen Dichtschlämme

5 Untersuchungsprogramm und Umfang

Die Beobachtung der Risse mit einem zusammen mit der RWTH Aachen University zusammengestellten Messsystem erfolgt in den mit OS8-System applizierten Flächenbereichen.

Die Quadranten mit aufgebrachtter Abdichtung im Gies- und Einrollverfahren und



Bild 8: Modell der Carbonbetonschicht

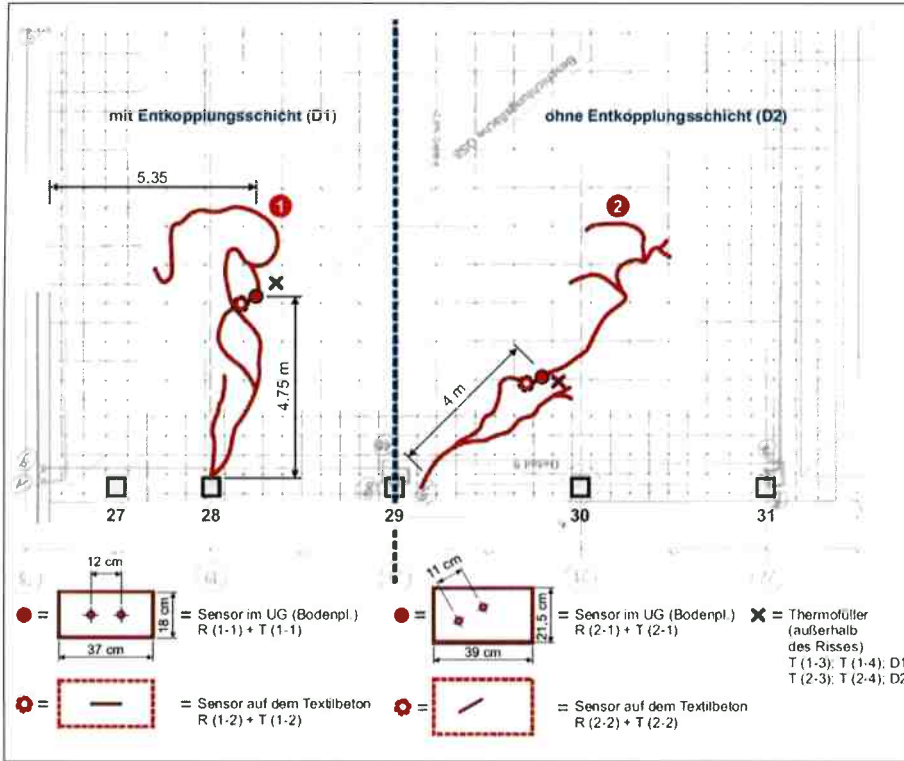


Bild 9: Versuchsanordnung im Grundriss

Gussasphalt dient nur zur Beobachtung von etwaigen Blasenbildungen bei möglicher rückseitiger Druckwasserbeanspruchung.

Zur Untersuchung der Rissbreitenänderungen in der Betonplatte und auf der Carbonbetonschicht, wurden an zwei vordefinierten Stellen auf einem bekannten wasserführenden Riss dauerhaft integrierte Messsysteme in den mit dem OS8-System applizierten Quadranten eingebaut (Bild 9).

Es wird erwartet, dass Risse in dem starren und zugleich in silbergrau eingestellten Beschichtungssystem visuell schneller zum Vorschein kommen. Im Vergleich zur nebenliegenden schwarzen Gussasphaltfläche, können Ablaufspuren bei einem nicht vollständig auszuschließenden Wasserdurchtritt sofort erfasst werden.

Neben den Rissbreiten wurden in der Stahlbetonbodenplatte je Messstelle in 60 cm und 15 cm Tiefe sowie an der Oberfläche Temperatursensoren zur Messung und Auswertung des Temperaturgradienten eingebaut. Die Daten der Rissensoren und Temperaturen werden durch Datenlogger parallel erfasst, ausgelesen und ausgewertet.

Zur Erfassung einer hinreichenden Datenlage ist geplant, die Versuchsanordnung mindestens zwei Winterperioden durchlaufen zu lassen.

6 Umsetzung und Ausführung

Für den Einbau der Carbonbetonschicht im Sommer 2018 wurde zuerst die vorhandene Oberflächenschutzbeschichtung abgeschliffen und die Hohlstellen bzw. hohl

liegenden Schollen in der Betonrandzone geortet. Außerdem wurden weitere beton-technologische Untersuchungen (Betondeckungen, Chloride, Potenzialfeldmessung etc.) durchgeführt. Wasserführende Risse wurden als Wasserstoppfunktion gegen das Eintreten von Grundwasser durch die Bodenplatte verpresst und geortete Hohlstellen und Schollen durch HDW-Strahlen in begrenzter Ausdehnung zur Sicherstellung der Standsicherheit schrittweise entfernt und mit PCC I-Mörtel reprofiliert. Sofern erforderlich, wurden einzelne Risse nochmals verpresst. Anschließend wurde die Betondeckung der gerissenen Bodenplatte in mehreren Arbeitsgängen bis zu ca. 4 cm im Kreuzgang mit einer Feinfräse abgefräst.

Im nächsten Schritt wurden an den Rändern der vorher kugelgestrahlten Bodenflächen Injektionsschläuche verlegt, die verpresst werden können, falls Wasser unter der Carbonbetonschicht bis zu den Rändern vordringen und dort austreten sollte. In einer Hälfte (50 % Flächenanteil) und entlang ausgewählter Risse in der Bodenplatte, wurden Entkopplungstreifen mittig liegend und mit 20 cm Breite aus einer mineralischen flexiblen Dichtschlämme aufgebracht und die Messtechnik für die Aufnahme und Dokumentation der Bewegungen sowohl auf Höhe der gerissenen Betonplatte als auch auf der rissbreitenstreuenden Carbonbetonschicht installiert (Bild 10).

Die andere Hälfte wurde ohne Entkopplungstreifen erstellt, um die unterschiedliche Wirkung zwischen entkoppelter und im Verbund liegender Carbontextilfläche im Rissbereich feststellen zu können.

Auf der gefrästen Oberfläche war dann die Carbontextilbewehrung zu verlegen. Hierfür wurden die als Abstandhalter genutzten Bewehrungsstäbe aus Edelstahl zunächst an die Carbontextilmatten gebunden und die Matten dann mit der festgelegten Übergreifungslänge verlegt (Bild 11). Bei der Verlegung der zweiten Bewehrungslage wurden die Carbontextilmatten um 90 Grad gedreht (sich kreuzend) ausgerichtet. Erst im Anschluss daran wurden die Injektionsdübel zur Verankerung der Carbonbeton-

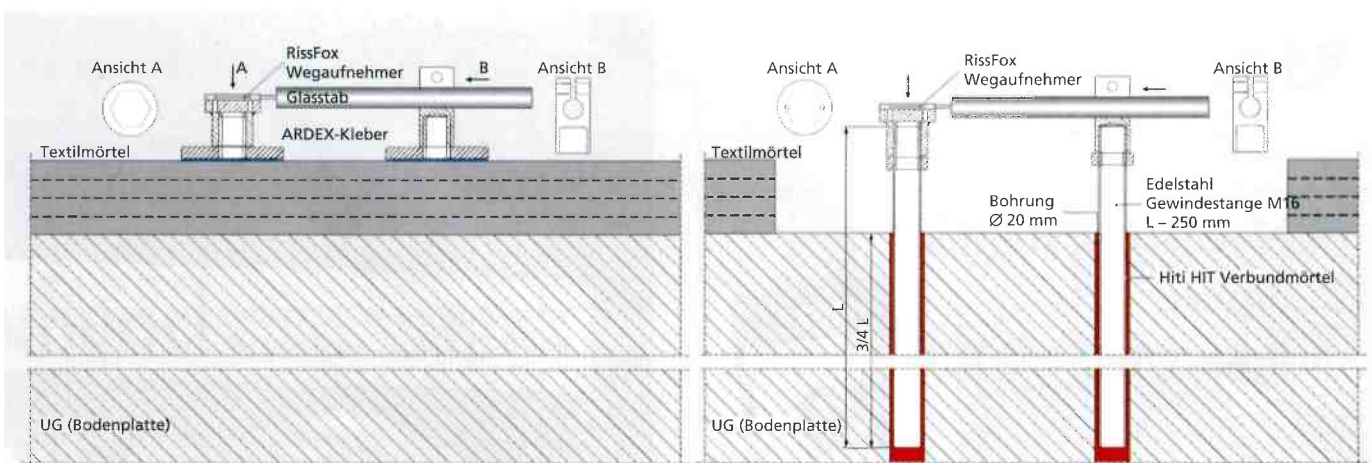


Bild 10: Installierte Rissensoren auf dem Rohbeton und auf der Carbonbetonschicht



Bild 11: Verlegung der Carbontextilmatten

schicht in den vorgegebenen Abständen durch die Maschen von zwei Carbontextilmattenlagen gesetzt, da die Dübelköpfe im Durchmesser ca. 15 mm größer waren als die Maschenweite der Carbontextilmatten. Nach dem Setzen der Verankerungsdübel wurde die dritte Lage Carbontextilmatten in der gleichen Richtung verlegt wie die erste Bewehrungslage. Hierdurch, sowie durch weitere Versätze der Carbontextilmatten von Bewehrungslage zu Bewehrungslage, wurde vermieden, dass Übergreifungsstöße von drei Matten in einer Ebene an derselben Stelle in mehr als einer Bewehrungslage vorkamen. Das war erforderlich, um das Bewehrungspaket unter Berücksichtigung der erforderlichen Betondeckung durchgehend innerhalb der vorgegebenen Dicken der Carbonbetonschicht unterzubringen.

Für einen problemlosen Einbau musste der Beton eine weiche Konsistenz und eine feine Gesteinskörnung aufweisen sowie für die erforderliche Wasserundurchlässigkeit ein dichtes Betongefüge und eine geringe Rissneigung. Dementsprechend wurde eine Betonzusammensetzung mit einem Hochofenzement, einem Wasserzementwert von ca. 0,45, einer Gesteinskörnung 0/4 und sehr weicher Konsistenz (F4) ausgewählt. Beim Einbau des Betons wurde dieser mit Rüttelbohlen verdichtet und eben abgezogen. Dabei waren die Einhaltung des vorgegebenen Gefälles der herzustellenden Oberflächen von 2,0 % sowie die Einhaltung der Betonüberdeckung zu beachten. Zur Nachbehandlung wurde der eingebaute Beton mit Folien bedeckt und diese regelmäßig gewässert. Außerdem war durch die Einhausung der Testfläche stetige Windstille gegeben. Die Nachbehandlung wurde über einen Zeitraum von drei Wochen konstant aufrechterhalten. Im Anschluss daran wurden in den einzelnen Bereichen die vorgesehenen Oberflächenschutzbeschichtungen bzw. die Abdichtung aus Bitumenbahnen und Gussasphaltbelag auf der Carbonbetonschicht aufgebaut.

7 Aktueller Kenntnisstand, Erfahrungen und Ausblick

Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung dieses Beitrags, d.h. ca. ein halbes Jahr nach Herstellung der Carbonbetonschicht, war augenscheinlich – mit Ausnahme eines nach wenigen Zentimetern ausgehenden Kerbrisses in

einer Messstellenöffnung – keine Rissbildung in der OS8-beschichteten Fläche erkennbar. Nebenliegende unverstärkte Testflächen mit OS8- und OS11a-Systemen sind im direkten Vergleich bereits deutlich gerissen und führen zum Teil Wasser.

Im Quadranten, dessen Risse nicht durch eine Entkoppelungsschicht zusätzlich bearbeitet wurden, bildete sich eine wasserführende Ebene zwischen der Carbontextilschicht und der Stahlbetonoberfläche aus. Ständige Wasseransammlungen waren in diesem Quadranten in den Öffnungen der Messensoren festzustellen, was auf eine deutliche Rissaufweitung in der Bodenplatte schließen lässt. An den Rändern der Carbonbetonschicht trat bislang kein Wasser aus.

Die Datenlage aus den Datenloggern ist für eine Beurteilung insgesamt noch nicht ausreichend. Insofern ist die weitere Beobachtung erforderlich. Weitere Erkenntnisse werden in den kommenden Winterperioden erwartet, wenn aufgrund niedriger Temperaturen mit einer Aufweitung der Risse in der Bodenplatte zu rechnen ist und damit die Beanspruchung der Abdichtungsschicht zunehmen wird.

8 Zusammenfassung

Zur Instandsetzung einer infolge Zwang gerissenen WU-Bodenplatte wurde auf einer Testfläche in einem Parkhaus am Flughafen München eine 4 cm dicke und dreilagig mit Carbontextilmatten bewehrte Betonschicht eingebaut. Diese soll in der Funktionsweise einer Negativabdichtung das Eindringen von Wasser durch die gerissene Bodenplatte verhindern. Die Bewehrung aus Carbontextilmatten ist aufgrund ihrer hohen Zugfestigkeit und der engen Bewehrungsabstände besonders geeignet, dem Wasserdruck von unten standzuhalten und die Risse im Beton so fein zu halten, dass diese wasserundurchlässig sind.

Die Beobachtungen in den ersten Monaten nach dem Einbau zeigen, dass auf der Oberseite der Carbonbetonschicht und an deren Rändern keine Wasserdurchtritte oder Durchfeuchtungen auftreten, obwohl Wasser durch die gerissene Bodenplatte bis unter die Carbonbetonschicht vordringt. Auch eine Verformung der Carbonbetonschicht aufgrund des Wasserdrucks von unten ist nicht feststellbar. Die Abdichtungsfunktion ist somit bis dato gegeben und wird weiter beobachtet. Die bisher gewonnenen Erkenntnisse weisen bereits darauf hin, dass der Einbau einer mit Carbontextilien bewehrten Abdichtungsschicht aus Beton eine geeignete Maßnahme zur Instandsetzung von infolge Zwang gerissenen WU-Bodenplatten darstellt.

Literatur

- [1] Morales Cruz, C.; Raupach, M.: Instandsetzung von Bauwerken mit Textilbeton. OiB aktuell (2016) H. 3, S. 28–33
- [2] Morales Cruz, C.; Rößler, G.; Steinhoff, A.; Raupach, M.: Textilbeton zum Schutz von Wasserbauwerken. beton 67 (2017) H. 12, S. 468–471



Neuerscheinung Baukultur:

Bauen in Stein

Die Historie der mineralischen Baustoffe



Helmut Eifert

2015, 170 S., gebunden

16,5 x 23,5 cm, € 39,80

ISBN 978-3-7640-0607-5

Das Buch gibt einen hervorragende Überblick über die Geschichte der wesentlichen mineralischen Baustoffe in Deutschland und Umgebung. Dabei hat Dr. Helmut Eifert die Baukunst, die Entwicklung der Bauberwerke und die Baustoffherstellung in einen Zusammenhang gebracht, wie er sich aus der Sicht eines Ingenieurs ergibt.

Verlag Bau+Technik GmbH

Fax: 02 11/9 24 99-55

Tel.: 02 11/9 24 99-21

E-Mail: vertrieb@verlagbt.de

Jetzt portofrei bestellen unter www.verlagbt.de ▶ bookshop

VERLAG  BAU+TECHNIK