FACULTY OF CIVIL ENGINEERING institute of technology of building materials and components

Fakultät für Bauwesen,
Institut für Technologie
der Baustoffe und Bauteile

Protokoll Nr. 18 / 11 / 2597

Prüfung der Tragfähigkeit des begehbaren Polystyrolbetonsystems SAFETY BLOC für eine höhere Sicherheit auf Baustellen

Auftraggeber:

3i - Isolet, s.r.o.
Národní 138/10
Prag
Tschechische Republik
IdNr. der Organisation: 27211371

Sachbearbeiter:

Ing. Martin Sedlmajer, Ph.D.
Ing. Petr Daněk, Ph.D.
Petr Boháč

In Brünn am 16. 11. 2018

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ fakulta stavební ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA.
Leiter des Instituts für Technologie der Baustoffe und Bauteile

Technische Hochschule in Brno
Fakultät für Bauwesen
Veveří 95, 602 00 Brünn,
Tschechische Republik

Tel.: +420 541 147 501
E-Mail: 2350@fce.vutbr.cz
www.fce.vutbr.cz/thd

IdNr. der Organisation: 00216305
UID-Nummer: CZ00216305
Bankverbindung: Konto-Nr. 111044081/300

1. Einführung

Gegenstand der Prüfung war die Feststellung der Tragfähigkeit eines Füllelements aus Polystyrolbeton, das der Sicherheit von Durchgängen beim Betonieren monolithischer Deckenkonstruktionen dient. Dieser Block, der als SAFETY BLOC bezeichnet wird, wird ohne eine zusätzliche Verankerung frei in eine horizontal vorbereitete Schalung an der Stelle eingesetzt, wo sich ein Durchgang durch die Konstruktion befinden soll. Während des Betonierens einer Stahlbetondecke wird dieses Element mit frischem Beton eingegossen. Nach der Betonerhärtung wird es in der Konstruktion wegen Sicherheit beim Betreten der Konstruktion durch Bauarbeiter belassen.

Die Prüfung der Tragfähigkeit des in eine Stahlbetonkonstruktion eingebetteten und einbetonierten Polystyrolbetonblocks bestand im Simulieren der Belastung durch einen Bauarbeiter beim Betreten des SAFETY BLOCs. Es wurde eine Fläche von 280 × 100 mm belastet, welche die Fußsohlenfläche des Bauarbeiters beim Betreten des Polystyrolbetonblocks und Auftritt auf den Polystyrolbetonblock simulierte.

Die Polystyrolbetonblöcke SAFETY BLOC wurden vom Auftraggeber, der Firma 3i - Isolet, s.r.o. beigestellt und es wurden vier mögliche Varianten geprüft:

- Variante Nr. 1 – SAFETY BLOC – 1600 × 600 × 180 mm,
  - ganzer Block aus einem Stück,
- Variante Nr. 2 – SAFETY BLOC – 1600 × 600 × 180 mm,
  - geklebte vertikale Querverbindung – aus zwei Blöcken 800 × 600 × 180 mm,
- Variante Nr. 3 – SAFETY BLOC – 1600 × 600 × 180 mm,
  - geklebte vertikale Längsverbindung – aus zwei Blöcken 1600 × 300 × 180 mm,
- Variante Nr. 4 – SAFETY BLOC – 1600 × 600 × 200 mm,
  - geklebte horizontale Querverbindung – aus zwei Blöcken 1600 × 600 × 100 mm.

Das Verbindungssystem der Blöcke für eine Prüfung der Einflüsse einer Klebeverbindung wurde auf Grund praktischer Forderungen auf Baustellen gewählt. Aus diesem Grund wurden zwei Klebevarianten gewählt, und zwar:

- BAUMIT PlanoFix – Dünnbettmauermörtel auf Zementbasis zum Kleben bestimmt,
- PICHLER CHEMIE Brandschutz Schaum – Montageschaum auf Polyurethan-Basis.

2. Beschreibung der Probekörper

Es wurden insgesamt 9 Probekörper in vier Varianten hergestellt, wobei die Polystyrolbetonblöcke in die Schalung eingebettet wurden und in ihrem Gesamtumfang mit gängigem Beton (C30/37;X0;S3;D_{max}16) einbetoniert wurden. Der Beton wurde in der Dicke der geprüften Polystyrolbetonblöcke und in der Breite von 300 mm um die geprüften Blöcke herum gegossen. Die Polystyrolbetonblöcke wurden vom Auftraggeber, der Firma 3i – Isolet, in einer Variante mit Rohdichte von 300 kg/m^3 beigestellt. Diese Blöcke wurden in die Schalung vor dem Betonieren eingebettet, und zwar sowohl kompakt als auch mit einer Klebeverbindung zur Feststellung des Einflusses der Klebeverbindung auf die mögliche Belastung. Das Flächenausmaß der eingebetteten Blöcke betrug 1600 × 600 mm bei einer Dicke von 180 mm außer der letzten Variante (Variante Nr. 4), wo die Platten horizontal über die ganze Fläche verteilt geklebt wurden und die Höhe 200 mm betrug. Bei den Varianten

Nr. 2 und 3 (vertikale Quer- und Längsverbindung) wurden für das Kleben Dünnbettmauermörtel und Polyurethanschaum benutzt.

Beim Kleben ist eine gute Reinigung der zu klebenden Flächen von eventuellem grobem Schmutz und vom Staub erforderlich, damit ein einwandfreier Flächenkontakt, und dadurch eine feste Verbindung beider zu klebenden Flächen sichergestellt werden kann. Die Probekörper wurden durch das Prüflabor vorbereitet, geklebt und einbetoniert. Eine schematische Darstellung der Platten einschließlich der Klebeverbindungen und der Maße kann der Abbildung Nr. 1 entnommen werden.

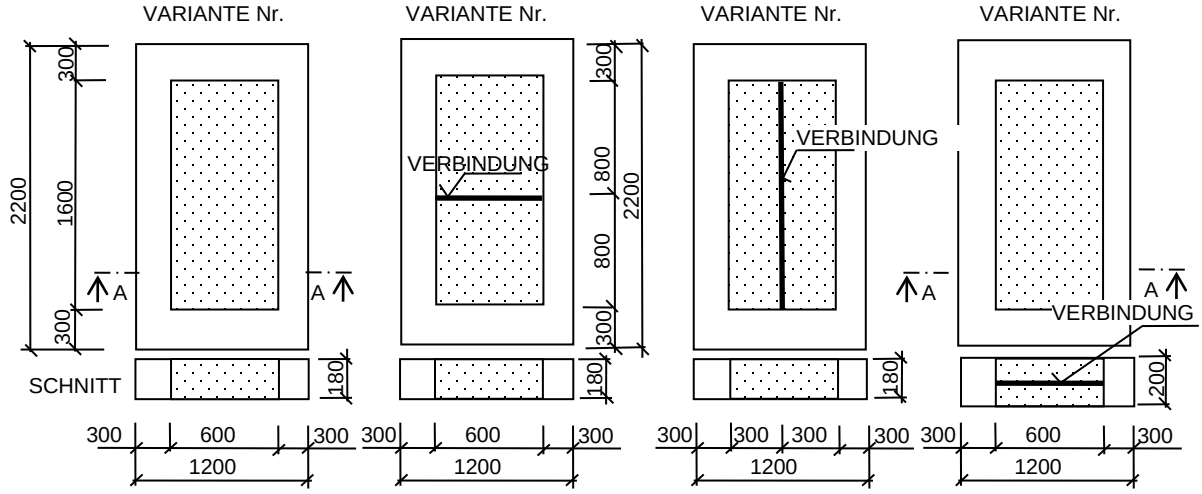

Abbildung 1: Grundriss- und Querschnittszeichnung der Probekörper mit Kennzeichnung der Klebeverbindungen bei den Varianten Nr. 2-4

3. Versuchsanlage

Die elektro-hydraulische Belastungseinrichtung INOVA mit einer hydraulischen Belastungswalze von 100 kN, Längenmessgeräte. Alle eingesetzten Messgeräte wurden ordnungsgemäß geprüft oder kalibriert.

4. Prüfmethodik

Die Prüfung der hergestellten Probekörper bestand in der Belastung mit einer hydraulischen Presse auf einer abgegrenzten Fläche von 280 × 100 mm, welche der Fußsohle eines erwachsenen Menschen entsprechen sollte. Die Belastung erfolgte über eine steife hölzerne Verteilunterlage mit den vorstehend genannten Abmessungen. Es wurde eine Belastung bis zur Erreichung der maximalen Tragfähigkeit des Polystyrolbetons erzeugt, d.h. bis zu einem Zeitpunkt, als der Polystyrolbeton die erzeugte Belastung nicht mehr ertrug. Die Belastung wurde an verschiedenen Stellen erzeugt, damit die Tragfähigkeit an kritischen Punkten der eingebauten Polystyrolbetonplatten geprüft werden kann.

Die Belastung und die Anzahl der einzelnen geprüften Probekörper waren folgendermaßen:

- Variante Nr. 1 (ganzer Block) – Belastung in der Mitte, zwei Probekörper,
- Variante Nr. 1 (ganzer Block) – Belastung in der Ecke und an der Längskante, zwei Probekörper,

- Variante Nr. 2 (vertikale Querverbindung) – Belastung an der Klebeverbindung,
  - Polyurethanschaum, ein Probekörper,
  - Zementkleber, ein Probekörper,
- Variante Nr. 3 (vertikale Längsverbindung) – Belastung an der Klebeverbindung,
  - Polyurethanschaum, ein Probekörper,
  - Zementkleber, ein Probekörper,
- Variante Nr. 4 (horizontale Längsverbindung) – Belastung in der Mitte
  - Polyurethanschaum, ein Probekörper.

Bei der Erzeugung einer Belastung an den Kanten von Klebeverbindungen und Probekörpern, die in den Ecken beansprucht wurden, erfolgte die Belastung in einer Entfernung von 10 mm von der geprüften Verbindung oder Kante (in der anderen Richtung dann jeweils gegen die Mitte). Die Prüfstellen sind schematisch in der Abbildung Nr. 2 dargestellt, wo zugleich die Orientierung der Belastungslast ersichtlich ist. Eine Fotodokumentation zu Prüfungen der Probekörper und zur Lage der Belastungslasten befindet sich in der Anlage A.

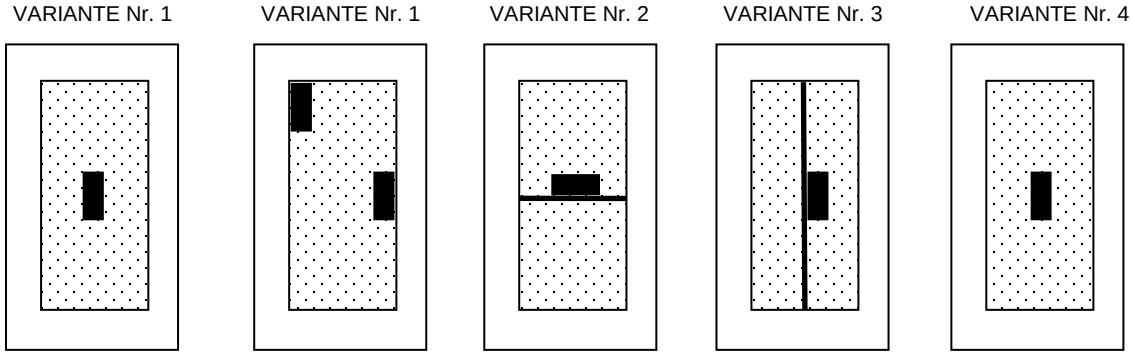

Abbildung 2: Bezeichnung der Lage und der Orientierung der belasteten Stelle (mit schwarzem Rechteck gekennzeichnet)

Bei den Prüfungen wurden die Probekörper auf eine ausreichend steife und feste Konstruktion aufgelagert, die sie an beiden Längsseiten an der Stelle des Betonteiles so stützte, dass der Polystyrolbetonblock nirgendwo gestützt wurde und sich in freiem Raum befand, sodass es zu keiner Beeinflussung des Belastungsvorganges kam.

5. Ergebnisse

Die erreichten Ergebnisse der Belastung von Polystyrolbetonblöcken SAFETY BLOC bei den einzelnen Messungen können den Abbildungen Nr. 3 bis 13 entnommen werden. In den Abbildungen ist die Belastung bis zum Zeitpunkt des Verlustes der Tragfähigkeit des belasteten Probekörpers dargestellt, was zum Durchstanzen der gegebenen Belastungsfläche durch den geprüften Probekörper geführt hat.

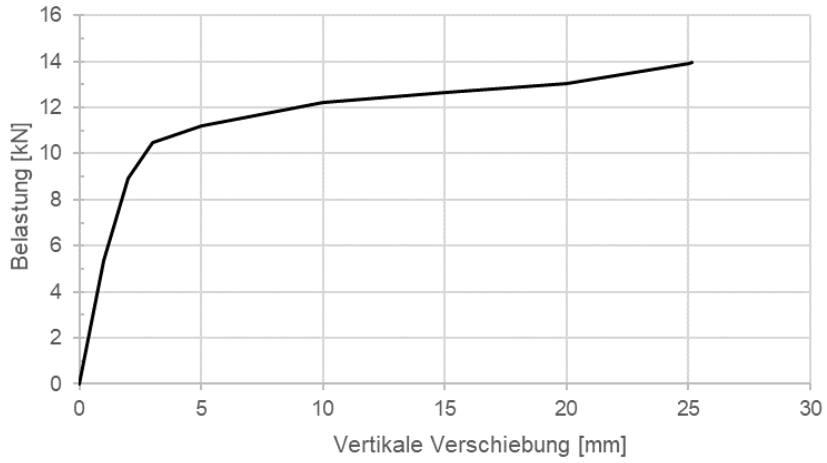

Abbildung 3: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 1, Einwirkung der Belastung auf die Mitte des ganzen Blocks (der erste Probekörper)

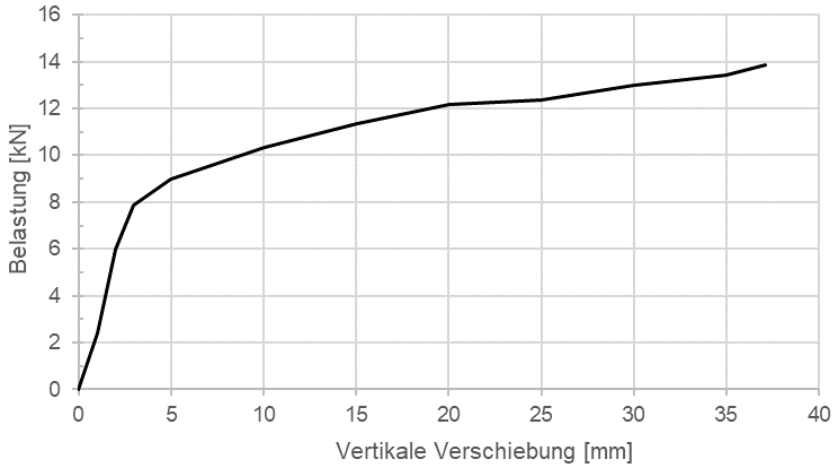

Abbildung 4: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 1, Einwirkung der Belastung auf die Mitte des ganzen Blocks (der zweite Probekörper)

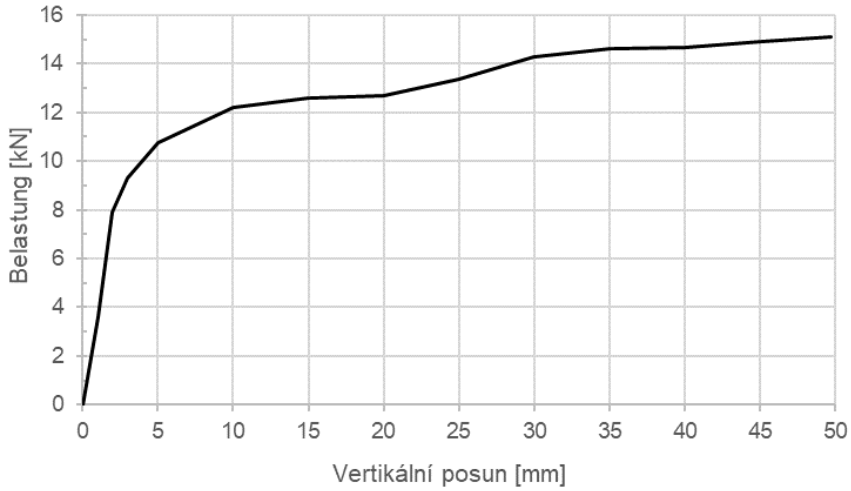

Abbildung 5: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 1, Einwirkung der Belastung auf eine Ecke des ganzen Blocks (der erste Probekörper)

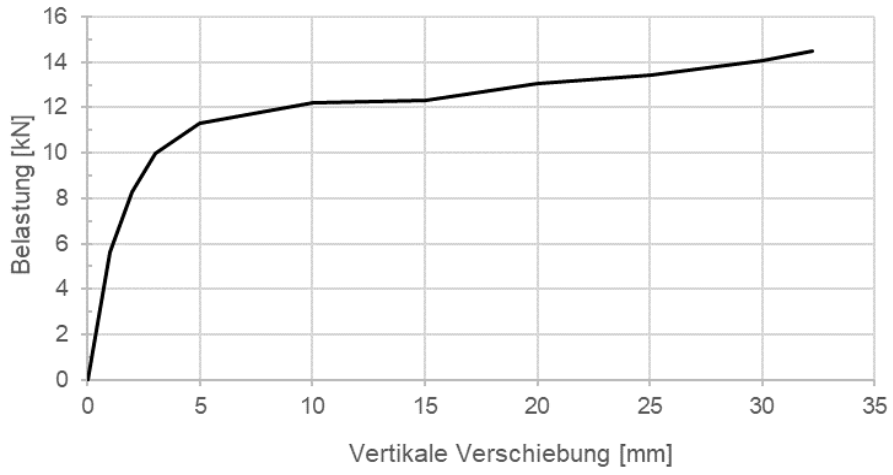

Abbildung 6: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 1, Einwirkung der Belastung auf eine Ecke des ganzen Blocks (der zweite Probekörper)

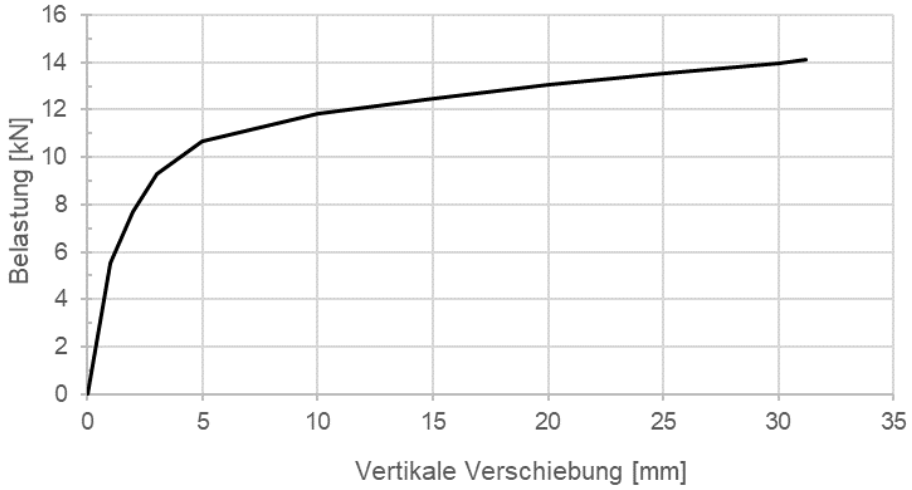

Abbildung 7: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 1, Einwirkung der Belastung an der Betonkante des ganzen Blocks (der erste Probekörper)

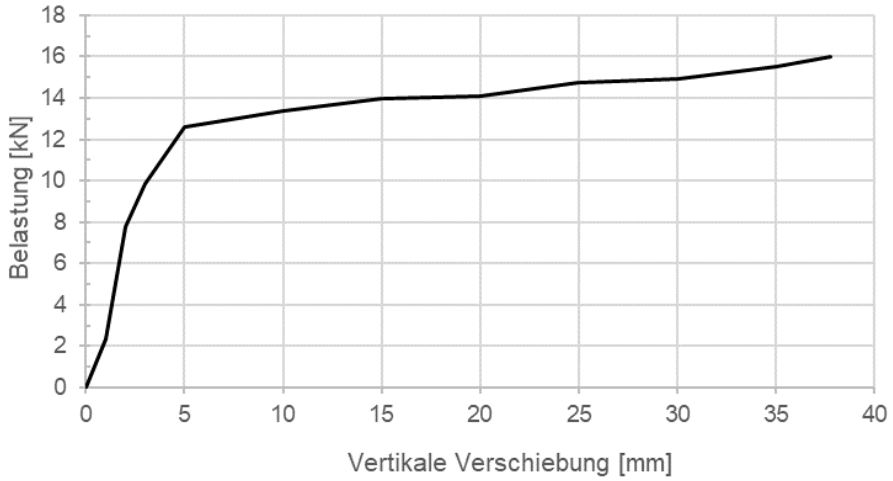

Abbildung 8: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 1, Einwirkung der Belastung an der Betonkante des ganzen Blocks (der zweite Probekörper)

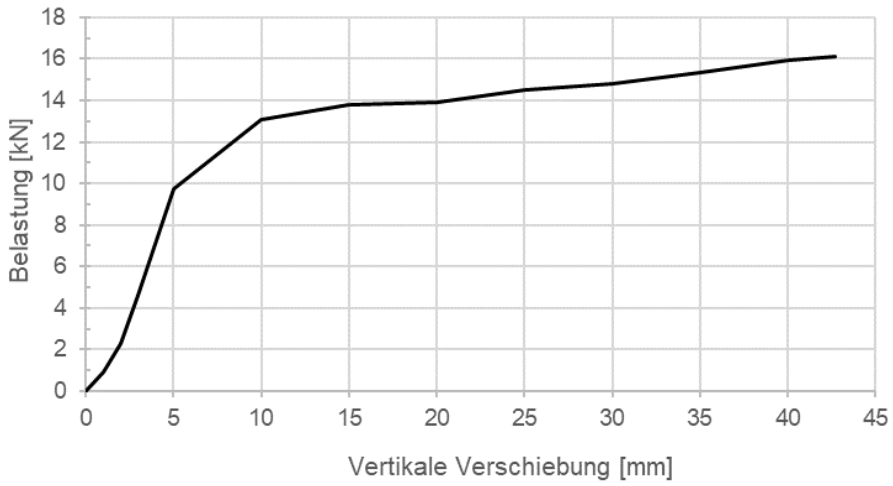

Abbildung 9: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 2, Einwirkung der Belastung an der mit dem Polyurethanschaum geklebten vertikalen Querverbindung

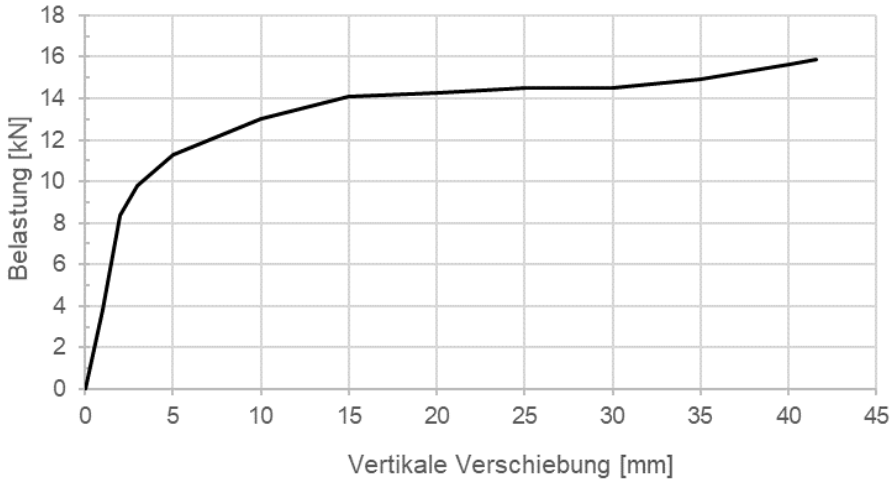

Abbildung 10: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 2, Einwirkung der Belastung an der mit dem Zementkleber geklebten vertikalen Querverbindung

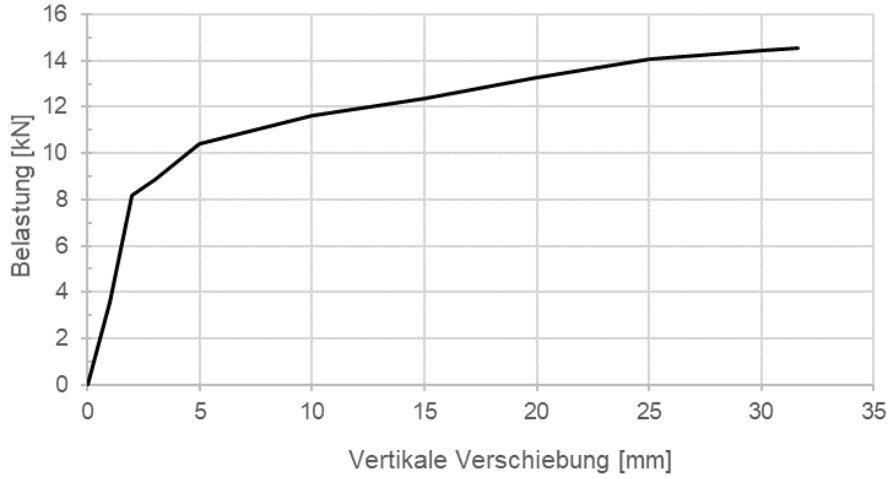

Abbildung 11: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 3, Einwirkung der Belastung an der mit dem Polyurethanschaum geklebten vertikalen Längsverbindung

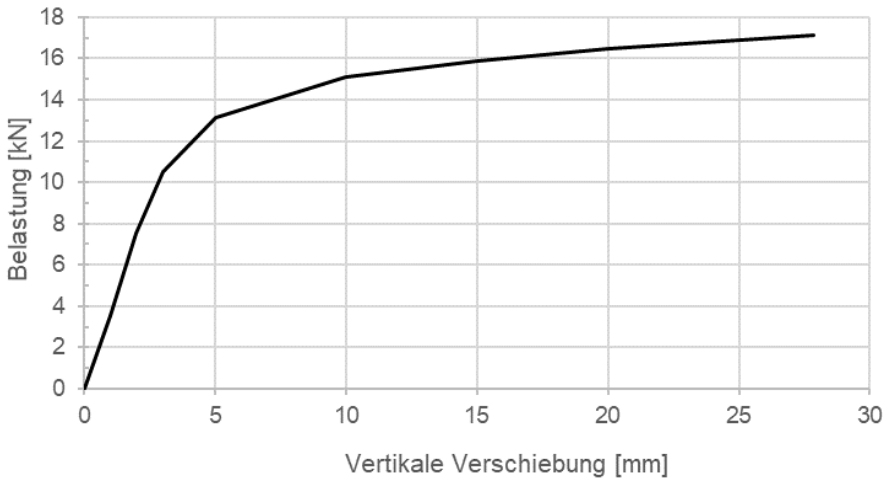

Abbildung 12: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 3, Einwirkung der Belastung an der mit dem Zementkleber geklebten vertikalen Längsverbindung

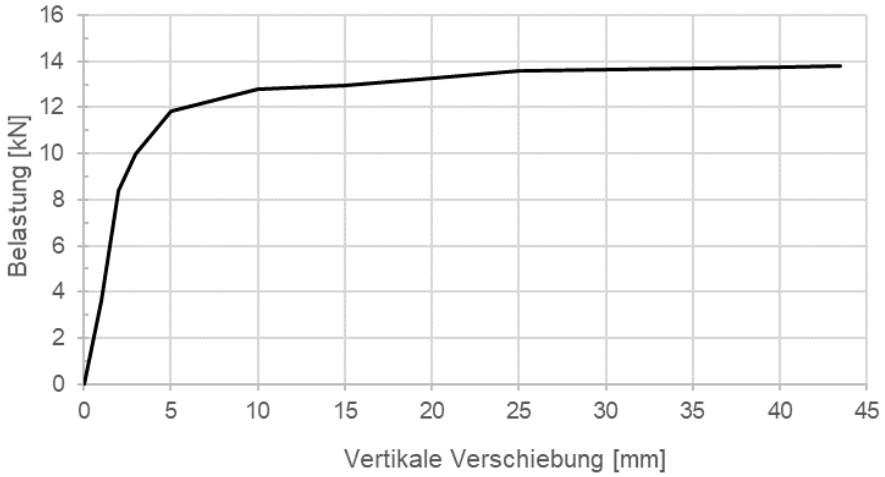

Abbildung 13: Verlauf der Belastung der Variante Nr. 4, Einwirkung der Belastung an der mit dem Polyurethanschaum geklebten horizontalen Verbindung

6. Auswertung

Die Auswertung der Tragfähigkeit eines eingebetteten Polystyrolbetonblocks ergibt eine maximale Belastung, die der Block bei einer Einwirkung auf die abgegrenzte, die Begehbarkeit durch die den einbetonierten Block betretenden Bauarbeiter simulierende Fläche von 280 × 100 mm übertragen kann. Die maximale Belastung, die vor dem Durchbruch der belasteten Stelle erreicht wurde, ist in der Tabelle Nr. 1 in Bezug auf die geprüfte Variante des Probekörpers angeführt.

Tabelle 1: Maximale bei den geprüften Probekörpern an der Grenze des Durchbruchs erreichte Belastung

Variante	Block	Verbindung	Orientierung der Verbindung	Position der Belastung	Art des Bindemittels	Maximale Belastung [kN]
1	Kompakt	-	-	Mitte	-	13,96
1	Kompakt	-	-	Mitte	-	13,85
1	Kompakt	-	-	Ecke – Beton	-	15,09
1	Kompakt	-	-	Ecke – Beton		14,47
1	Kompakt	-	-	Kante – Beton	-	14,11
1	Kompakt	-	-	Kante – Beton	-	15,98
2	Geklebt	Vertikal	Quer	Kante – Verbindung	Polyurethan	16,12
2	Geklebt	Vertikal	Quer	Kante – Verbindung	Zement	15,87
3	Geklebt	Vertikal	Längs	Kante – Verbindung	Polyurethan	14,53
3	Geklebt	Vertikal	Längs	Kante – Verbindung	Zement	17,13
4	Geklebt	Horizontal	Ganze Fläche	Mitte	Polyurethan	13,82

7. Fazit

Gegenstand der Prüfung war die Feststellung der Tragfähigkeit der in monolithische Betondeckenkonstruktionen als Füllung künftiger Öffnungen oder Durchgänge eingebetteten Polystyrolbetonblöcke SAFETY BLOC. Das Wesen der Versuche bestand in einer Prüfung der durch das Begehen des in eine Konstruktion einbetonierten Polystyrolbetonblocks durch Bauarbeiter erzeugten Belastung. Die Belastung wurde auf eine dem Auftritt eines Bauarbeiters auf den Polystyrolbetonblock entsprechende Fläche bezogen. Aus diesem Grund wurde eine Belastungsfläche von 280 × 100 mm gewählt.

Es wurden Probekörper geprüft, in denen nicht nur ganze Polystyrolbetonblöcke mit Abmessungen von 1600 × 600 mm eingebettet waren, sondern auch aus zwei Stücken mit PUR-Montageschaum und einem gängigen Klebstoff auf Zementbasis in Quer- sowie auch Längsrichtung zusammengeklebte Blöcke mit gleichen Abmessungen. Für eine Überprüfung

wurde auch eine mit Polyurethanschaum in horizontaler Richtung geklebte Variante geprüft, welche ebenfalls aus zwei Stücken bestand. Des Weiteren wurde auch eine Belastung an der Kante und in der Ecke des Polystyrolbetonblocks an der Stelle des Anschlusses an die Betonkonstruktion geprüft. Einige Varianten wurden auf Grund einer Überprüfung der Richtigkeit des Ergebnisses wiederholt.

Unabhängig davon, ob der Probekörper am Rand, in der Ecke, in der Mitte oder an der Klebeverbindung belastet wurde, war die bei einer belasteten Fläche von 280 × 100 mm erreichte Spannung mit geringen Verformungen direkt proportional zur Belastung, und zwar bis 8 kN. Über der Grenze von 8 kN kam es bei den Probekörpern bereits früher oder später zu Verformungen des Polystyrolbetons. Diese Belastung entspricht bei der vorstehend angegebenen Fläche dem Gewicht von 815 kg (bei einer Schwerebeschleunigung von 9,81 m/s^2).

In allen Fällen war die maximale Belastung, welche zum Durchbruch des Polystyrolbetonblocks führte, höher als 13 kN, was bei der vorstehend angegebenen Fläche und Schwerebeschleunigung einem Gewicht von über 1.325 kg entspricht. Bei allen geprüften Varianten kann das Gewicht von 1.325 kg bei einer dem Auftritt eines Menschen entsprechenden Fläche für eine sichere Belastungsgrenze in Bezug auf die vorstehend genannte Fläche gehalten werden. Bei einigen Varianten war die maximale Belastung viel höher.

Bei allen Prüfungen, unabhängig von der Stelle der Einwirkung oder der Verbindungsart, war der Durchbruch lokal und das Durchstanzen durch die Polystyrolbetonschicht entsprach der Stanzfläche (mit einer Erweiterung zur Unterseite infolge der Spannungsverteilung bei der Belastung). Bei keinem der Probekörper kam es zum Durchbruch eines größeren Teiles oder zum Zusammenbruch der ganzen Platte.

Der Zusammenhalt des Betons mit dem Polystyrolbeton ist sehr gut, wie die an der Schnittstelle des Polystyrolbetons zum Beton geprüften Probekörpervarianten belegen, wo es bei Prüfungen an einer 10 mm von der Kante des Probekörpers entfernten Stelle zu keiner Materialtrennung an der Schnittstelle kam. Ebenso verhielten sich auch Klebeverbindungen unabhängig von ihrer Orientierung und der für ihr Kleben benutzten Materialbasis. Es ist jedoch notwendig, die zu verbindenden Flächen von grobem Schmutz und vom Staub zu reinigen, damit ein Kontakt zwischen den zu verbindenden Elementen erreicht wird und eine richtige Materialverbindung geschaffen wird.

Verantwortlicher Sachbearbeiter:

Ing. Martin Sedlmajer, Ph.D.

Anlage A: Fotodokumentation

Die Anlage enthält während der Prüfung und nach der Prüfung aufgenommene Bilder der Probekörper.

Abbildung 14: Ansicht des ganzen Probekörpers und Detailansicht der Belastungslast bei der Variante Nr. 2 – vertikale quer mit Polyurethanschaum geklebte Verbindung

Abbildung 15: Variante Nr. 1 – ganzer Block, von links: Ansicht der belasteten Oberseite, Unterseite, durchgestanzter Teil des Polystyrolbetonblocks

Abbildung 16: Variante Nr. 3 – vertikale längs mit Baukleber auf Zementbasis geklebte Verbindung

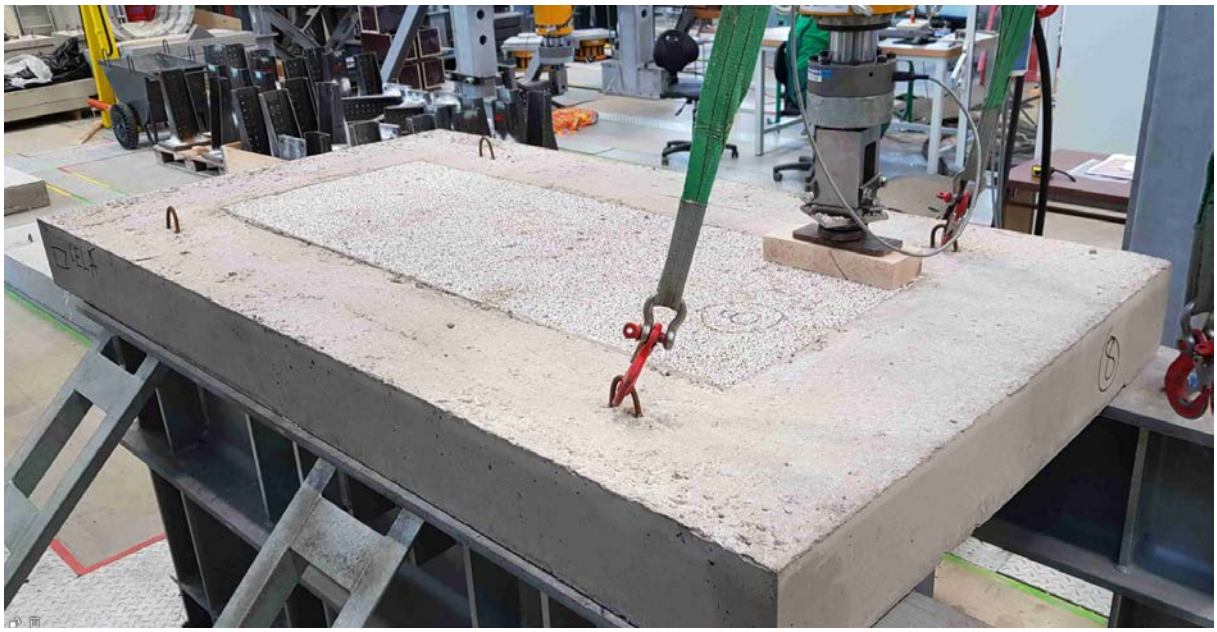

Abbildung 17: Variante Nr. 1 – ganzer Block, Prüfung der Belastung in der Ecke des Polystyrolbetonblocks

Abbildung 18: Variante Nr. 1 – ganzer Block, Prüfung der Belastung des Polystyrolbetonblocks an der Betonkante

Abbildung 19: Variante Nr. 3 – vertikale längs mit Polyurethanschaum geklebte Verbindung

Abbildung 20: Variante Nr. 1 – ganzer Block, nach der Belastung der Kante und der Ecke des Polystyrolbetonblocks (links), und Detailansicht des Zusammenhalts des Betons mit dem Polystyrolbeton nach der Belastung an der Betonkante – zusammenhängende Polystyrolbetonschicht an der Schnittstelle zum Beton (rechts)

Abbildung 21: Variante Nr. 4 – horizontale mit Polyurethanschaum geklebte Verbindung, Unterseite des Polystyrolbetonblocks nach der Prüfung