

Deformation behavior of concrete block pavements under vertical and horizontal dynamic load

Verformungsverhalten von Betonpflasterbefestigungen unter vertikaler und horizontaler dynamischer Lasteintragung

Autoren



Dipl.-Ing. Daniel Ascher (1977)
Studium des Bauingenieurwesens an der TU Dresden; 2003 bis 2005 Tätigkeit in Planungsbüro und Baustofflabor; seit 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Straßenbau der TU Dresden
daniel.ascher@tu-dresden.de



Dr.-Ing. Tobias Lerch (1972)
Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Universität Dresden; 2005 Promotion am Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau; 1998 bis 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Straßenbau der TU Dresden; seit 2003 Bereichsleiter Straßenbautechnik der LIST Gesellschaft für Verkehrswesen und ingenieurtechnische Dienstleistungen mbH in Rochlitz.

● At Dresden University of Technology full-scale laboratory tests were executed to investigate the horizontal deformation behavior of different concrete block pavements under dynamic deceleration forces. The tests allow conclusions regarding the applicability of concrete block arrangements.

In the last few decades concrete block pavements have experienced a renaissance in use in urban areas after a nearly complete displacement through asphalt and concrete constructions. They can be found in pedestrian as well as highly loaded traffic areas. In Germany, concrete block pavements are used for low-trafficked roads only, defined in the code of practice for road and pavement construction (RStO) as carrying up to 3 million 10 t-standard axles within 30 years. In addition, concrete block pavements are commonly used, e.g. for parking areas, bus lanes, shipping docks and industrial pavements.

Damages to concrete block pavements due to horizontal and vertical displacements can be observed frequently. They mainly result from inadequate pavement construction and by overloading the block pavement with heavy trucks. The concrete industry is trying to improve the performance of block pavements by minimizing displacement, e.g. through developing advanced block forms. New block shapes with horizontally interlocking features are meant to ensure increased load-bearing capacity and deformation resistance of block pavements. Unfortunately, there is only limited knowledge of the deformation resistance of these new block shapes under realistic traffic loads. This research focused on investigating the vertical and horizontal deformation behavior of concrete block layers under dynamic load using the results of full-scale laboratory tests.

Test equipment

At Dresden University of Technology full-scale laboratory tests were conducted by Lerch (2005) [1] under constant climatic conditions (temperature, moisture content within the basecourse) to investigate the performance of various concrete block layers. The test section had a ground plan of 5.0 m x 2.5 m. A subbase material (sandy gravel) and a basecourse material (gravel) were placed in the test section in several layers (each

● An einem Versuchsstand an der TU Dresden wurde das horizontale Verformungsverhalten verschiedener Varianten von Betonpflasterbefestigungen unter dynamischer Bremsbelastung im Originalmaßstab simuliert. Die Versuchsergebnisse erlauben Rückschlüsse auf die Eignung der Befestigung.

Die Pflasterbauweise hat nach einer beinahe vollständigen Verdrängung durch die Asphalt- und Betonbauweise für Straßenbefestigungen in den letzten Jahrzehnten eine Renaissance erfahren. Straßenbefestigungen mit Betonpflastersteinen werden in Fußgängerzonen und auch vergleichsweise stark belasteten Verkehrsflächen angewandt. In Deutschland werden Betonpflasterbefestigungen bis zur Bauklasse III nach den RStO 01 (bis 3 Mio. 10-t-Achsübergänge) eingesetzt. Darüber hinaus werden Pflasterdecken auf Parkplätzen, für Busverkehrsflächen, Hafenanlagen, Lagerflächen, Industrieanlagen u. a. angewandt.

An gepflasterten Verkehrsflächen treten immer wieder Schäden durch horizontale und vertikale Verformungen der Pflasterdecke auf. Diese Schäden lassen sich häufig auf eine mangelhafte Bauausführung zurückführen. Zum Teil sind die Schäden aber auch auf eine starke Beanspruchung infolge Schwerverkehrs zurückzuführen. Die Betonindustrie versucht, die Verformungen in der Pflasterdecke über Weiterentwicklungen der Betonpflastersteine zu verringern. Vertikale und horizontale Verbundsysteme sollen die Dauerhaftigkeit und Standfestigkeit der Pflasterdecken erhöhen. Über die tatsächliche Wirkung der Verbundsysteme ist jedoch bislang wenig bekannt. Im Rahmen eines umfangreichen Forschungsprojektes wurde das horizontale Verformungsverhalten von Pflasterdecken mit Hilfe von dynamischen Dauerversuchen im Maßstab 1:1 untersucht.

Versuchsaufbau

Für die Untersuchung des horizontalen Verformungsverhaltens verschiedener Betonpflasterdecken unter konstanten klimatischen Bedingungen (Temperatur, Wassergehalte der Tragschichten) wurde an der TU Dresden ein großmaßstäblicher Versuchsstand entwickelt [1]. Der Versuchsaufbau hatte eine Grundfläche von 5,0 m x 2,5 m. Der Unterbau (Kiessand) und die Schottertragschicht wurden in Lagen von jeweils 12 cm

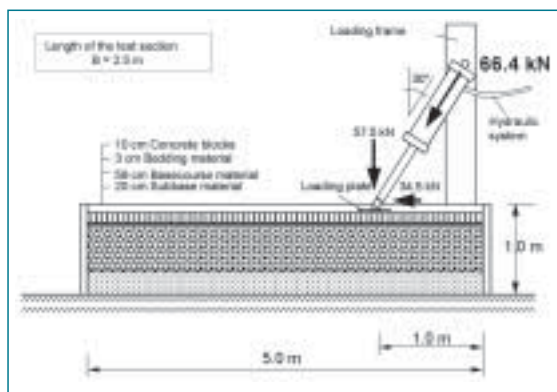


Fig. 1 Elevation of the test pavement (section).

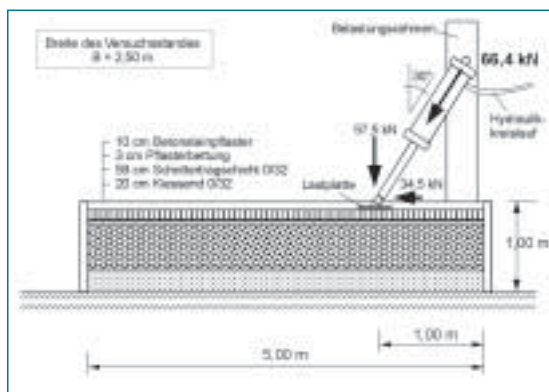


Abb. 1 Prinzipskizze des Versuchsstandes (Schnitt).

120 mm thick) and compacted using a vibrating plate. The bedding course and, finally, the concrete blocks were placed on top of the unbound granular layer (UGL) (Fig. 1). The total thickness of all the layers added up to 1.0 m. The dynamic load (rigid load action) was applied using a steel loading plate with a diameter of 300 mm. An 8 mm thick rubber plate was placed between the steel plate and the pavement surface. One million stress pulses were applied to each test pavement at a frequency of 5.8 Hz.

A vertical load of 57.5 kN (the permitted maximum wheel load in Germany) and a horizontal load of 34.5 kN (equivalent to the forces during acceleration and deceleration of trucks, taking into account a friction coefficient of $\mu = 0.6$, $F_H = \mu \cdot F_V = 0,6 \cdot 57,5 \text{ kN} = 34,5 \text{ kN}$) were applied. A resulting load of 66.4 kN at maximum and 6.6 kN at minimum was applied to the surface of the test pavement by a hydraulic cylinder at an angle of 30° to the vertical axis (Fig. 1). The steel plate was fixed on the blocks using steel pins to avoid slipping.

To prevent the UGL from influencing the horizontal deformation behavior of the block pavement, the subbase and basecourse materials had equal properties for all conducted tests. Only the bedding material and joint filling were replaced for each test.

The bedding layer, with a thickness of 45 mm (not compacted), was placed on the test section and leveled using a straightedge. Afterwards, the blocks were placed manually using a template creating 5 mm joints, which were then filled with dry unbound granular material before and after the compaction process, using a broom.

Capture and analysis of measured values

Using linear variable differential transformers (LVDTs), it was possible to measure the surface deformation of the pavement at discrete points. The LVDTs (22) were fixed to a separate frame to ensure that the oscillation of the loading frame did not influence the measured values. Three of the LVDTs were used to measure the vertical deflection of the load plate, 15 to determine the horizontal displacements of blocks in the load axis and 4 to measure the horizontal displacements, in addition to the load axis. The data were recorded in regular inter-

eingebaut und mit einer Rüttelplatte verdichtet. Auf die Tragschicht wurden Pflasterbettung und Pflastersteine aufgebracht (Abb. 1). Die Gesamtdicke der Befestigung betrug damit bis zu 1,0 m. Die Last wurde mit 1 Million Lastwechseln und einer Frequenz von 5,7 Hz dynamisch auf eine Stahlplatte (starre Lasteintragung) mit einem Durchmesser von 300 mm mit einer 8 mm dicken Gummilage an der Unterseite aufgebracht.

Für die Größe der Last wurde der Bremsvorgang eines voll beladenen Lkw zugrunde gelegt. Die vertikale Last entsprach der in der Bundesrepublik Deutschland maximal zulässigen Radlast von 57,5 kN. Die Horizontallast in Höhe von 34,5 kN wirkte in Längsrichtung der Pflasterfläche entsprechend den Brems- und Anfahrkräften von Lkw bei einem Reibungskoeffizienten von 0,6 (Beton – Gummi, $F_H = \mu \cdot F_V = 0,6 \cdot 57,5 \text{ kN} = 34,5 \text{ kN}$). Daraus ergab sich eine resultierende Kraft von maximal 66,4 kN und minimal 6,6 kN unter einem Winkel von 30° zur Senkrechten. Die Lasteintragung in die Befestigung erfolgte über einen Hydraulikzylinder auf eine Lastplatte mit einem Durchmesser von 30 cm. Die Stahlplatte mit aufgeklebter Gummipolsterung an der Unterseite war mit Stahlbolzen gegen Verrutschen auf der Pflasterdecke gesichert.

Unterbau und Tragschichten sollten für alle Versuche die gleichen Eigenschaften bieten und die Ergebnisse nicht beeinflussen. Da das horizontale Verformungsverhalten der Pflasterdecken untersucht werden sollte, wurden zwischen den Versuchen nur die Pflasterbettung, Pflastersteine und Fugenfüllung verändert.

Die Pflasterbettung wurde mit einer Dicke von 4,5 cm (unverdichtet) eingebracht und mit einem Richtscheit abgezogen. Anschließend erfolgte die Verlegung des Pflasters in Handarbeit unter Verwendung einer Fugenschablone mit einer gleichmäßigen Fugenbreite von 5 mm. Das Fugenmaterial wurde vor und nach dem Verdichtungsvorgang bis zur vollständigen Füllung trocken in die Fugen eingekehrt.

Messwerterfassung und -auswertung

Mit Hilfe von induktiven Wegaufnehmern konnten Verformungen an einzelnen Punkten der Oberfläche der Pflasterbefestigung gemessen werden. Die Wegauf-



Prof. Dr.-Ing. habil.
Frohmüt Wellner

Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Universität Dresden; 1981–1985 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl „Verkehrs- und Versorgungsbau“ der Technischen Universität Dresden; 1985–1987 Tätigkeit im Planungsbüro; 1986 Promotion zum Thema „Grundlagen zur Dimensionierung von Pflasterbefestigungen“; 1993 Habilitation zum Thema „Grundlagen zur Bemessung flexibler Straßenkonstruktionen mit Tragschichten ohne Bindemittel“; 1996–1999 Universitätsprofessor und Leiter des Fachgebietes Konstruktiver Straßenbau am Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenbau und Städtebau der Universität Hannover; 10/1999 Berufung zum Universitätsprofessor für Straßenbau an die Technische Universität Dresden.








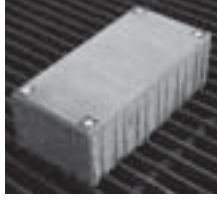


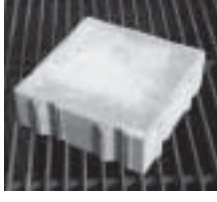
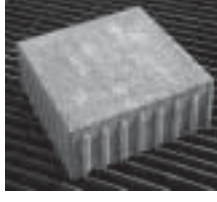



Picture/Bild	Description and size Beschreibung und Größe	Picture/Bild	Description and size Beschreibung und Größe
	Rectangular block 200 x 100 x 60		Rectangular block 200 x 100 x 100
	Doppel-T-interlocking block 200 x 165 x 100		H+V-interlocking block 215 x 135 x 100
	L-interlocking block A 225 x 112,5(225) x 100		T-interlocking block 224 x 112(224) x 100
	R-interlocking block 225 x 112,5 x 100		F+B interlocking block 300 x 150 x 100
	L-interlocking block B 220 x 220 x 80		L-interlocking block C 250 x 250 x 100
	Square block A 250 x 250 x 80		Square block B/C 300 x 300 x 110
	Square block D 180 x 180 x 120		Square block E 160 x 160 x 120
	Square block F 300 x 300 x 120		

Table 1 Description of tested block shapes.

Tabelle 1 Beschreibung der untersuchten Steinformen.



Fig. 2 View of the test pavement.

Abb. 2 Ansicht des Versuchsstandes.

- 1 Steel frame/Versuchskasten/-rahmen
- 2 Frame support/seitliche Abstützung
- 3 Experimental block pavement surface/Versuchspflasterfläche
- 4 Loading frame/Lastrahmen
- 5 Loading plate/ Lastplatte
- 6 LVDTs / portal for the photogrammetric camera
Messbrücke / Portal für die fotogrammetrische Kamera

vals (Fig. 2). Furthermore, photogrammetry was used to investigate the horizontal deformation and the torsion behavior of the blocks. An area of 2.0 x 2.0 m in front of the load plate was captured.

nehmer waren an einer Messbrücke befestigt, die unabhängig vom Prüfstand aufgelagert war. Damit konnten sich Schwingungen nicht auf die Messwerte auswirken. Von den 22 Wegaufnehmern wurden drei für die Messung der vertikalen Einsenkung der Lastplatte, 15 Wegaufnehmer für die horizontalen Verschiebungen in der Lastachse und vier für horizontale Verschiebungen neben der Lastachse verwendet. Die Daten der Wegaufnehmer wurden in regelmäßigen Abständen aufgezeichnet (Abb. 2). Darüber hinaus wurden über fotogrammetrische Messungen die horizontale Verformung der Pflasterdecke und Verdrehungen der Steine auf einer Fläche von 2,0 x 2,0 m erfasst.

Versuchsergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden die Einflüsse von Pflastersteinform und -größe, Pflasterverband, Bettungs- und Fugenmaterial auf die horizontalen Verformungen untersucht. Horizontale Verformungen waren nur in den Fugen möglich. Die Pflasterbefestigungen weisen bei unterschiedlich großen Pflastersteinen bezogen auf die Länge der Befestigung verschiedene Fugenanteile auf. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde die spezifische Verformung nach Gleichung 1 berechnet.

$$v_{si} = \frac{V_i}{\sum_i B_F} \cdot 1000 [\text{‰}] \quad \text{[Gleichung 1]}$$

$v_{s,i}$ = spezifische Verformung an der Stelle i [‰]

V_i = absolute horizontale Verformung an der Stelle i [mm]

B_F = Fugenbreite (5 mm) [mm]

Vergleich verschiedener Steinformen

Die Versuchsergebnisse zeigten deutliche Einflüsse der Steinform und des Verbundsystems auf das hori-

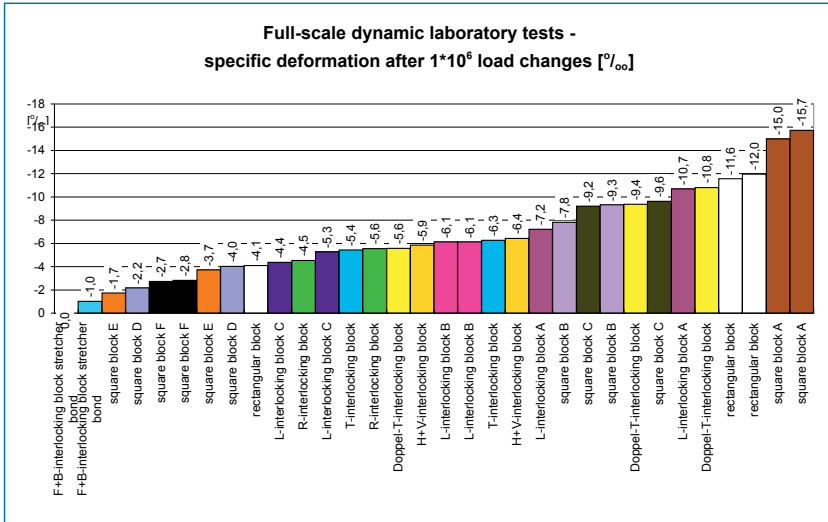


Fig. 3 Full-scale dynamic laboratory tests – specific deformation after 1 · 10⁶ load changes [%].

Abb. 3 Tests im Originalmaßstab – spezifische Verformung nach 1 · 10⁶ Lastwechseln [%].

Test Results

This section presents the results of this research. It examines the different influences on the horizontal deformation behavior of concrete block pavements under dynamic load. In particular, the influences of the different block shapes, block sizes, laying patterns as well as bedding and jointing sands were investigated. Horizontal deformation/displacement was only possible within the joints. The number of joints varied depend on block shape and size. For a better comparison of different block pavement arrangements, a specific horizontal deformation or displacement was calculated using Equation 1.

$$v_{si} = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^{KR} B_F} \cdot 1000 [\%] \quad \text{[Equation 1]}$$

$v_{s,i}$ = specific displacement on spot i [%]

V_i = absolute horizontal displacement on spot i [mm]

B_F = width of the joints (5 mm) [mm]

Comparison of block shapes

The test results show that the block shape as well as the type of interlocking features have a significant influence on the horizontal deformation behavior of concrete block pavements. Fig. 3 shows the maximum displacement in the load axis for block pavements consistently using crushed sand (0 to 5 mm) as joint and bedding material, but with different block shapes.

The F+B blocks (with interlocking features) showed the smallest horizontal displacements. When comparing different block shapes, a significant scatter in the test results could be observed. Some of the large blocks showed relatively large displacements in single joints. However, because of the low number of joints, the overall horizontal displacement was low.

Comparison of joint filling materials

To investigate the influence of different types of joint filling materials (natural sand 0 to 5 mm, crushed sand

zontale Verformungsverhalten von Betonpflasterbefestigungen. In Abb. 3 sind die maximalen horizontalen Verformungen in der Lastachse für verschiedene Steinformen dargestellt, verlegt mit Brechsand-Splitt 0/5 als Bettung und Fugenfüllung.

Im Vergleich der verschiedenen Steinformen zeigt sich eine große Streuung der Versuchsergebnisse. Die F+B-Verbundsteine wiesen die geringsten horizontalen Verformungen auf. Bei einigen großen Pflastersteinen traten in den einzelnen Fugen vergleichsweise große Verformungen auf, die aber durch die geringere Fugenzahl zu insgesamt geringen horizontalen Verformungen führten.

Vergleich verschiedener Fugenmaterialien

Zur Untersuchung des Einflusses der Fugenfüllung wurden Rechtecksteine 10 x 20 x 10 cm mit drei verschiedenen Fugenmaterialien (Natursand 0/2, Brechsand 0/2 und Brechsand-Splitt 0/5) getestet. Die in Abb. 4 dargestellten, maximalen horizontalen Verformungswerte deuten auf einen eindeutigen Vorteil des Natursandes gegenüber dem Brechsand und Brechsand-Splitt hin. Als Ursache des besseren Verhaltens des Natursandes war anzunehmen, dass der Natursand durch die geringere innere Reibung einfacher eine dichte Lagerung erreichte. Bei den gebrochenen Materialien behinderte die Verzahnung der Körner die Verdichtung durch Eigengewicht und Vibration. Durch Brückenbildung der Körner konnten die Fugen nicht optimal gefüllt werden.

Vergleich verschiedener Verbände

Der Einfluss des Verbandes wurde an Rechtecksteinen 10 x 20 x 10 cm und F+B-Verbundsteinen untersucht. In Abb. 5 sind die maximalen horizontalen Verformungen dargestellt. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass durchgehende Fugen in Belastungsrichtung vermieden werden sollten, weil große horizontale Verformungen zu erwarten sind. Auch in größerer Entfernung von der Belastungseinrichtung wurden bei Verbänden mit durchgehenden Längsfugen größere maximale Verformungen gemessen. Ein Vergleich fotogrammetrisch gemessener Verschiebungen für zwei verschiedene Verbände ist in Abb. 6 dargestellt. Der Fischgrätverband führte zu geringeren horizontalen Verformungen als der Parkettverband und zu einer guten Verteilung der horizontalen Belastung in die Breite.

Die F+B-Verbundsteine wurden als einzige Verbundsteine mit verschiedenen Verbänden untersucht. Im Vergleich zum Läuferverband führte der Ellbogenverband zu größeren horizontalen Verformungen. Der Grund dafür ist im größeren Anteil in Längsrichtung durchgehender Fugen zu suchen.

Zusammenfassung

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war die Untersuchung der unterschiedlichen Einflüsse auf das vertikale und horizontale Verformungsverhalten der Pflasterdecken. Die Untersuchungen an der

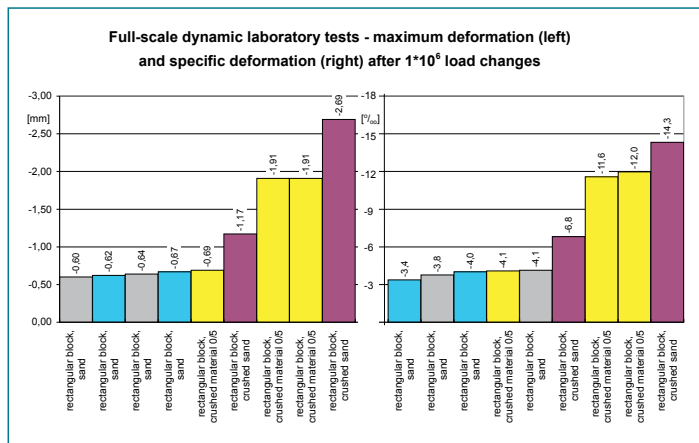


Fig. 4 Maximum deformation (left) and specific deformation (right) after 1 · 10⁶ load changes – comparison of joint filling materials [1].

Abb. 4 Maximale horizontale Verformung (links) und spezifische Verformung (rechts) nach 1 · 10⁶ Lastwechseln – Vergleich verschiedener Fugenmaterialien [1].

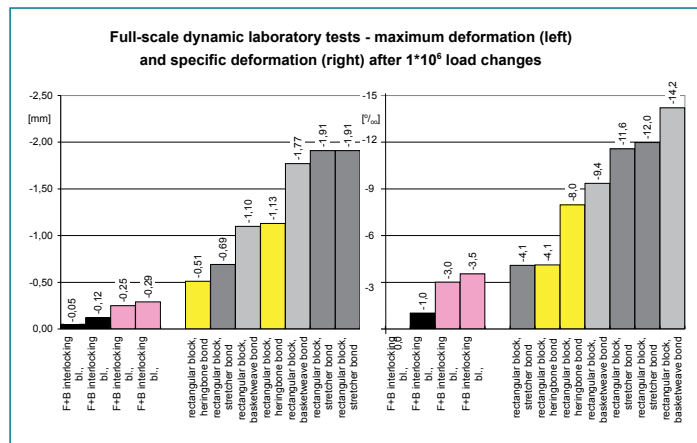


Fig. 5 Maximum deformation (left) and specific deformation (right) after 1 · 10⁶ load changes – comparison of different laying patterns [1].

Abb. 5 Maximale horizontale Verformung (links) und spezifische Verformung (rechts) nach 1 · 10⁶ Lastwechseln – Vergleich verschiedener Verbände [1].

0 to 2 mm and crushed sand/chip mix 0 to 5 mm) on the deformation behavior of the block pavement, rectangular blocks measuring 100 x 200 x 100 mm were used. Fig. 4 shows the results of these tests. When comparing natural and crushed sand as joint filling materials, smaller deformations were observed for natural sand. The reason for this behavior is the higher degree of compaction/density that can be achieved with natural sand as joint filling material. Again, this is a result of the lower friction between the individual grains. The high amount of friction between the crushed sand particles prevented fully filled joints. The material formed bridges within the joint preventing a complete filling.

Comparison of laying patterns

The influence of the laying patterns was investigated, using rectangular blocks sized 100 x 200 x 100 mm and F+B blocks with interlocking features. Fig. 5 shows the maximum horizontal displacements. The test results demonstrate that continuous joints in the same direction as the load should be avoided (high displacements can be expected). Even at greater distances from the load plate, a higher maximum horizontal displacement was observed for laying patterns with continuous joints. The displacements calculated using the photogrammetry method are illustrated in Fig. 6. The herringbone pattern led to lesser displacements than the parquet pattern and to a good distribution over the pavement width.

The interlocking F+B blocks were the only interlocking blocks tested with different laying patterns. Compared to the stretcher pattern, the herringbone pattern induced a higher horizontal displacement. The reason for this is the greater number of continuous joints.

Conclusions

The aim of this investigation was to determine several influences on the horizontal deformation behavior of the block layer. The investigation at Dresden University of Technology was carried out with accelerated

Technischen Universität Dresden wurden mit Hilfe von realitätsnahen dynamischen Laborversuchen im Originalmaßstab auf Pflasterbefestigungen mit einer Größe von 5,0 m x 2,5 m bei gleichzeitig wirkender Vertikal- und Horizontallast durchgeführt. Bei den Versuchen wurden die Einflussgrößen Fugenmaterial, Fugenbreite, Bettungsmaterial, Steinform, Steindicke und Pflasterverband variiert. Die vertikale Belastung der Pflasterfläche erfolgte mit der in Deutschland maximal zulässigen Radlast von 57,5 kN. Die Horizontallast in Höhe von 34,5 kN wirkte in Längsrichtung der Pflasterfläche entsprechend den Brems- und Anfahrkräften von Lkw bei einem Reibungskoeffizienten von 0,6 (Beton – Gummi, $F_H = \mu \cdot F_V = 0,6 \cdot 57,5 \text{ kN} = 34,5 \text{ kN}$).

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass der Fugenfüllung ein entscheidender Einfluss zukommt. Die Einflussgrößen Fugenmaterial, Fugenbreite, Fugenfüllungsgrad und Verdichtung des Fugenmaterials stehen in einem komplexen Zusammenhang. Die Verdich-

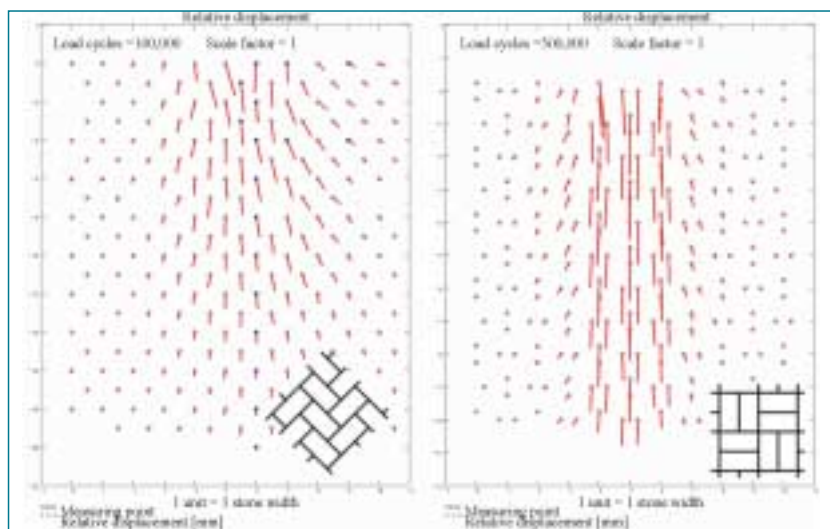


Fig. 6 Photogrammetry diagrams for herringbone pattern and block pattern, the load was applied at the top of the figure [1].

Abb. 6 Fotogrammetriediagramme für Fischgrätverband und Blockverband, die Last wurde am oberen Rand der Abbildung aufgebracht [1].

dynamic tests on currently used block pavements in a 5.0 m x 2.5 m laboratory test environment. Different factors, such as the joint material and width, the bedding material, the shape and thickness of the blocks and the laying pattern were varied during the tests. A vertical load of 57.5 kN (the permitted maximum wheel load in Germany) and a horizontal load of 34.5 kN (equivalent to the forces during acceleration and deceleration of trucks, taking into account a friction coefficient of $\mu = 0.6$) were applied (concrete – rubber $F_H = \mu \cdot F_V = 0,6 \cdot 57,5 \text{ kN} = 34,5 \text{ kN}$).

The test results show showed the major influences on the joint. Joint material and width as well as the degree of joint filling form a complex interrelationship. The compaction process of the joint filling material is different to that of other unbound pavement materials. It differs due to the absence of a vertically superimposed compaction load. Therefore the joint filling material is not compacted, but placed. The vibration of blocks and the deadweight of the filling material causes it to settle. Joint filling materials like natural sand 0 to 2 mm and crushed sand 0 to 2 or 0 to 5 mm are recommended. During the tests, natural sand reached the highest density. However, it is easily swept up from the joints during sweeping and vacuuming, because of the low friction between the grains.. This is a disadvantage in practical application.

The degree of joint filling has an important influence on load transmission from block to block. Below a filling degree of 75% a higher vertical deformation of block layers can be observed. Empty joints lead to a very high horizontal deformation of block layers. If the joints are fully filled, the thickness of the blocks and the bedding material have no influence on the deformation resistance of the block pavement.

Furthermore, the test results showed that the shape of the blocks greatly influences the horizontal deformation resistance. Pavements of concrete blocks with a four-sided bond showed a lower horizontal deformation compared to blocks with only two-sided bonds. Rectangular blocks showed the lowest horizontal resistance. Block pavements using herringbone patterns have a very good load distribution and therefore high horizontal deformation resistance, while laying patterns using joints in the direction of horizontal load are unfavorable.

Daniel Ascher, Tobias Lerch, Frohmut Wellner

Acknowledgements

The work presented in this paper was supported by Federal Highway Research Institute of Germany and different concrete block producers. This support is gratefully acknowledged. The authors also thank all students and staff of Dresden University of Technology who collaborated in executing the full-scale tests.

tion des Fugenmaterials unterscheidet sich von der Verdichtung anderer ungebundener Materialien durch die fehlende Auflast. Damit muss die Verdichtungswirkung über die Vibration der Pflastersteine und das Eigengewicht der Fugenfüllung erreicht werden. Für die Fugenfüllung haben sich die Materialien Natursand 0/2 und Brechsand-Splitt 0/5 als günstiger erwiesen als Brechsand 0/2. Der Natursand 0/2 erreicht zwar bei den untersuchten Materialien die höchste Lagerungsdichte durch die geringe innere Reibung, kann aber auch durch Kehren und Saugen am leichtesten nach oben ausgetragen werden, was sich in der praktischen Anwendung als ungünstig erweist.

Der Fugenfüllungsgrad beeinflusst wesentlich die Kraftübertragung zwischen den Pflastersteinen. Fugenfüllungsgrade unter 75 % führten zu größeren vertikalen Verformungen, während bei ungefüllten Fugen sehr große horizontale Verformungen gemessen wurden.

Bei vollständig gefüllten Fugen zeigten die Steinhöhe und das Bettungsmaterial bei den durchgeführten Versuchen keinen wesentlichen Einfluss auf den horizontalen Verformungswiderstand der Pflasterdecke.

Bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass die Steinform einen Einfluss auf den horizontalen Verschiebungswiderstand hat. Pflasterbefestigungen aus Betonsteinen mit vierseitigem Verbund zeigten kleinere horizontale Verschiebungen als Befestigungen mit Pflastersteinen mit zweiseitigem Verbund. Rechtecksteine boten den geringsten Verschiebungswiderstand. Die Wirksamkeit von Verbundsystemen ist nur gegeben, wenn der Verbund schon bei kleinen Verformungen aktiviert wird.

Pflasterbefestigungen mit durchgehenden Fugen in Richtung der horizontalen Belastung wirken sich ungünstig aus. Der Fischgrätverband zeigte ein sehr günstiges Verhalten und eine gute Verteilung der Verformungen quer zur Belastungsrichtung.

Danksagung

Die in dieser Veröffentlichung präsentierten Arbeiten wurden vom Ministerium für Straßenbau und diversen Pflasterstein-Produzenten unterstützt. Unser Dank gilt dieser großen Unterstützung. Die Autoren danken weiterhin allen Studenten und Mitarbeitern der TU Dresden, die bei der Ausführung dieser Untersuchungen im Großmaßstab mitgewirkt haben.

Reference/Literatur

- [1] Lerch, T., 2005. Untersuchungen zum Verformungsverhalten von Pflasterbefestigungen unter simulierter horizontaler Last. (Investigation of the deformation behavior of concrete block pavements under simulated traffic loading), dissertation, Dresden University of Technology

– Anzeige –

