

Untersuchungen von Dübellagen zur Optimierung des Betondeckenbaus

FA 89.177

Forschungsstelle: Technische Universität München, Lehrstuhl und Prüfamt für Verkehrswegebau (Prof. Dr.-Ing. S. Freudenstein)

Bearbeiter: Birmann, D.

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Abschluss: August 2009

1 Aufgabenstellung

Die in stark belasteten Betonfahrbahnen in den Quertugen einzubauenden, kunststoffbeschichteten Dübel dienen der Sicherung der Höhenlage benachbarter Platten und gewährleisten die Querkraftübertragung von Platte zu Platte. Größere Lagerabweichungen und zu geringe Betonüberdeckung können zu einer geringeren Querkraftübertragung, zu Schäden an der Betondecke und bei geringer Rissöffnung zu Paketrisen und außerplanmäßigen Rissen führen.

In den ZTV Beton-StB 07 [1] sind die Anforderungen an die Lage der Dübel (Standarddübel 0 25 mm/500 mm) bezüglich

- Höhenlage dz mit Toleranz ≤ 20 mm,
- Schräglage s mit Toleranz ≤ 20 mm und
- Verschiebung in Längsrichtung dy mit Toleranz ≤ 50 mm

enthalten. Die einheitliche Durchführung und Auswertung von Messungen zum Nachweis der Lage von Dübeln und Ankern sind im Arbeitspapier Nr. 67 beschrieben [2].

Im Rahmen einer Forschungsarbeit zur Dübellage [3] wurden erste Untersuchungen zur Messgenauigkeit, Vergleich der Betreiber in einem Ringversuch durchgeführt und Häufigkeitsverteilungen von ersten Messungen ermittelt und bewertet.

In den ZTV Beton-StB 07 sind erstmals Prüfungen an der fertiggestellten Betonfahrbahn bezüglich der Dübellage der fertigen Betondecke als Eigenüberwachungsprüfung vorgesehen. Nach einer Fußnote mit Hinweis auf die nicht bekannten Messtoleranzen "[...] sind die so ermittelten Ergebnisse nicht geeignet, Vorbehalte im Rahmen der Abnahme zu erklären".

In dieser neuen Situation sollte im Rahmen dieser Forschungsarbeit die Lagegenauigkeit der Dübel in den vergangenen Jahren anhand ausgewählter Messabschnitte überprüft und jüngste Ergebnisse der Messungen nach ZTV Beton-StB 07 ausgewertet werden.

Ziel der Forschungsarbeit ist, die Qualität des Dübeleinbaus weiter zu verbessern und eine Basis für die Einführung von vertraglichen Schlussfolgerungen zu schaffen.

2 Untersuchungsmethodik

Insgesamt wurden 21 Strecken mit 894 Fugen und 40 389 Dübeln ausgewertet, die mit unterschiedlichen Einbauverfahren und Dübelsetzgeräten 2003 bis 2007 hergestellt wurden.

2008 wurden zusätzlich eigene Messungen durchgeführt, sodass Messwerte anderer Betreiber verglichen werden konnten. Die Messungen der Dübellage wurden ausschließlich mit einem Messgerät durchgeführt, das auf dem Pulsinduktionsverfahren beruht [4], [5].

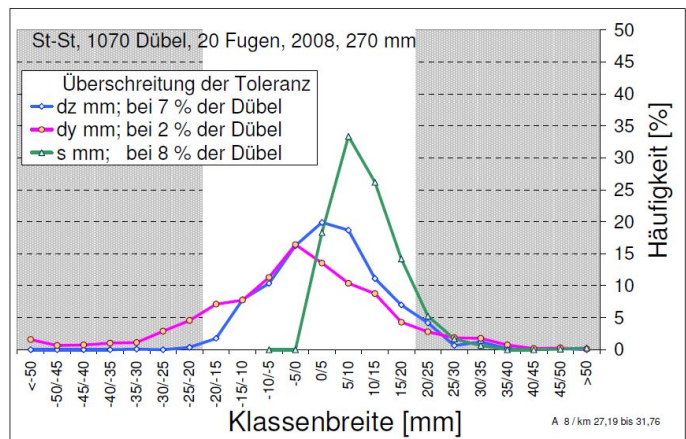


Bild 1: Häufigkeitsverteilung der Lage-Messgrößen der Dübel und Überschreitung der Toleranzen für Abweichung der Höhenlage dz, Verschiebung dy und Schräglage s, 2008-3, nach Verbesserung der äußeren Rüttler

Das Messgerät wird dabei über ein nicht magnetisches Schienensystem, das über die zu messende Querscheinfuge gelegt wird, gezogen.

Die Auswertung der ermittelten Rohdaten erfolgt mit einem speziellen Auswerteprogramm. Die Messwerte werden entsprechend den Vorgaben des FGSV Arbeitspapiers 67 [2] in Tabellen abgelegt. Die Tabellen einzelner Fugen wurden zusammengefasst und statistisch [4], [5] ausgewertet. Die dargestellten Häufigkeiten (Bild 1) ergeben ein Bild über die Überschreitung der Messtoleranzen.

Weiterhin kann über sämtliche Messquerschnitte die Lage der Dübel bezüglich Höhenlage (z. B. Bild 5), Schräglage und Längsverschiebung dargestellt werden, um eine übersichtliche visuelle Beurteilung abgeben zu können.

3 Versuchsergebnisse

Die vorliegenden Messdaten zeigten eine sehr unterschiedliche Qualität der Lage der Dübel. Der prozentuale Anteil der Toleranzüberschreitungen hatte große Spannen von 1 bis 70 % (Bild 2). Aus den Jahren 2006 und 2008 (Bild 1) liegen bereits hervorragende Ergebnisse der Dübellage vor, während bei anderen Abschnitten wesentlich schlechtere Ergebnisse erzielt wurden.

Soweit bekannt, waren trotz der Überschreitungen der festgelegten Toleranzen keine Schäden vorhanden. Dies zeigt, dass in den derzeitigen Anforderungen der ZTV Beton-StB eine ausreichende Sicherheitsreserve enthalten ist.

Die Auswertung der Toleranzüberschreitungen wurde entsprechend den Toleranzen nach den ZTV Beton-StB vorgenommen. Im Rahmen einer beispielhaften, erweiterten statistischen Auswertung wurde eine Erweiterung der Toleranzen von $dz / dy / s = 20 / 50 / 20$ mm auf $dz / dy / s = 24 / 58 / 26$ mm (Neu-Toleranz) untersucht (Bild 3).

Dabei wurde festgestellt, dass im Mittel über alle Versuchsstrecken die Toleranzüberschreitung für alle 3 Messgrößen auf etwa die Hälfte reduziert wird. D. h. viele Dübel weisen nur eine geringe Überschreitung der Toleranz auf, was bereits aus dem Verlauf der Häufigkeitsverteilungen zu erkennen war. Bei anderen Strecken hat die Toleranzerweiterung geringe Auswirkungen.

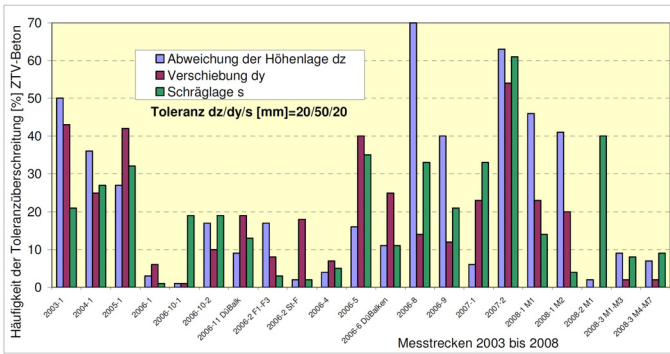


Bild 2: Diagramm der Häufigkeit der Toleranzüberschreitung nach ZTV Beton für die untersuchten Strecken, ab 2008 Messungen des Prüfamts

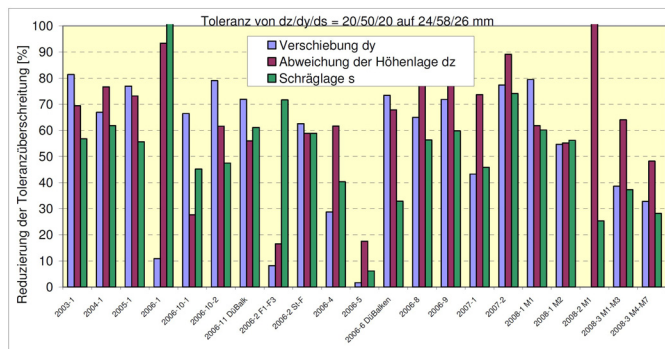


Bild 3: Reduzierung der Toleranzüberschreitung bei Vergrößerung der Toleranz von dz/dy/ds = 20/50/20 auf 24/58/26 mm für die untersuchten Strecken

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden verschiedene Einflüsse auf die Dübellage untersucht, die Auswirkung auf die Messergebnisse haben und ggf. zu Fehlern führen können.

Der vom Betreiber vermerkte Bereich einer als Störsignal bezeichneten Hochspannungsleitung wurde mit der übrigen Strecke verglichen. Die Dübellagen waren in diesem Bereich bei Toleranzen nach ZTV Beton um 7 % (dz) bzw 24 % (dy) größer als im Durchschnitt des gesamten Deckenlozes, unter Berücksichtigung einer erweiterten Toleranz verdoppelte sich dies auf 13 % bis 42 %.

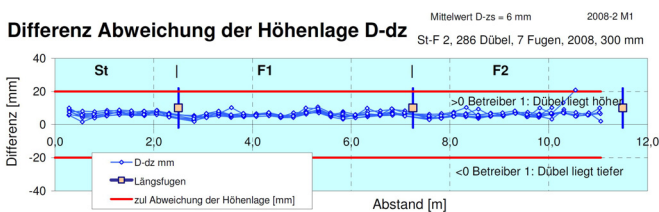


Bild 4: Differenz der Tiefenlage D-dz im Querschnitt von 5 Fugen: Messwert der TUM (Prüfamts) minus Messwert Betreiber 1 beträgt im Mittel 6 mm

Größere Abweichungen bei allen Messwerten im Bereich der Längsscheinfuge sind auf das Messverfahren, das von Ankern in der Längsfuge beeinflusst werden kann, zurückzuführen. Eine vergleichende Auswertung der Dübellage zeigte, dass die Toleranzüberschreitungen etwas geringer werden, wenn die 2 Dübel zu beiden Seiten der Längsfuge nicht berücksichtigt werden. Allerdings änderte sich damit die Aussage zur Qualität der Dübellage unwesentlich. Differenzen bei je zwei Messgeräten bezüglich der Dübellage wurden bei 3 Strecken ermittelt. Die Unterschiede bei der Verschiebung und beim Versatz

können auf unterschiedliche Ausrichtung des aufgelegten Schienensystems zurückgeführt werden. Bei der Differenz der Schräglage und der abweichenden Höhenlage (im Bild 4 i.M. 6 mm) dürfte es sich um systematische Fehler eines oder der beiden betriebenen Messgeräte handeln wie dies bereits beim Ringversuch festgestellt wurde [3].

Die Position der Dübelsetzer im unbelasteten Zustand gegenüber einer Spannschnur, die zwischen erster und letzter Dübelsetzgebel gespannt wurde, hatte einen sehr geringen Einfluss auf die Tiefenlage der Dübel. Dies sollte durch weitere Untersuchungen überprüft und vertieft werden. Der Abstand der Dübel von den T-Rüttlern, über die die Rüttelenergie in den Oberbeton nach dem Dübelsetzen eingetragen wird, hatte bei guter Tiefenlage der Dübel einen geringen Einfluss auf Unterschiede der Tiefenlage, wie eine zweidimensionale Auswertung der räumlichen Verhältnisse zeigte. Bei einer Messstrecke wurde anhand der vorliegenden Messdaten ein geringerer Energieeintrag über die Rüttler im Bereich der äußeren, zu tief liegenden Dübel vorgenommen. Durch diese Maßnahme konnte ein hervorragendes Ergebnis der Dübellage erzielt werden (Bild 5 und Bild 6).

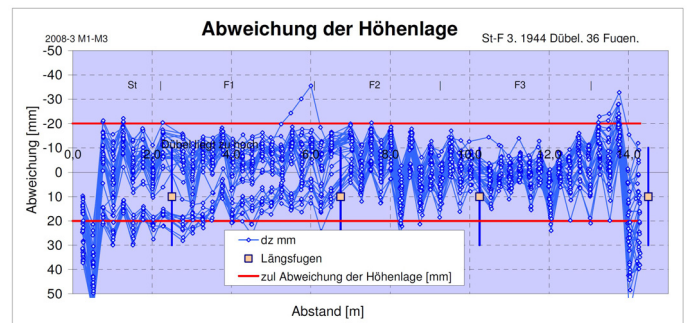


Bild 5: Abweichung der Höhenlage dz im Querschnitt von 15 Fugen 2008-3 in drei Messabschnitten M1 - M3 vor der Maßnahme

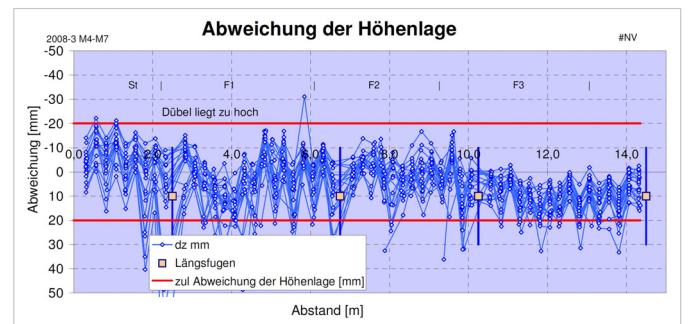


Bild 6: Abweichung der Höhenlage dz im Querschnitt von 20 Fugen 2008-3 in vier Messabschnitten M4 - M7 nach Verbesserung der äußeren Rüttler

4 Folgerungen für die Praxis

Durch die frühzeitige Kontrolle der Dübellage und entsprechende maschinentechnische Korrekturen beim Dübelsetzen lässt sich eine gute Dübellage erreichen, bei der auch die Toleranzen nach der ZTV Beton-StB eingehalten werden.

Eine sorgfältige Zuordnung des Querschnitts zur Lage der eingerüttelten Dübel kann eine wesentliche Verbesserung der Verschiebung bewirken.

Weiterhin ist auf eine gleich bleibende Betonqualität, Steifigkeit und Betonzusammensetzung sowie Einbaugeschwindigkeit des Fertigers zu achten, was nicht nur zu einer Verbesserung der Qualität des Fahrbahnbetons, sondern auch der Dübellage

führt. Von den Baufirmen muss darauf geachtet werden, dass bei ungünstigen Dübellagen Maßnahmen ergriffen werden, die eine Optimierung des Dübeleinbaus und ggf. der Betonzusammensetzung betreffen.

[5] Birmann, D.: Measurement and effect of dowel bars alignment, in: concrete pavements; 10th International Symposium on Concrete Roads 2006, Brüssel, paper III.003.

[6] Freudenstein, S. (2001): Untersuchungen über den Einfluss reduzierter Dübeleinbindelängen auf die Wirksamkeit der Fugenkonstruktion bei Betonstraßen (Mitteilungen des Prüfamtes für Bau von Landverkehrswegen der Technischen Universität München ; 75).

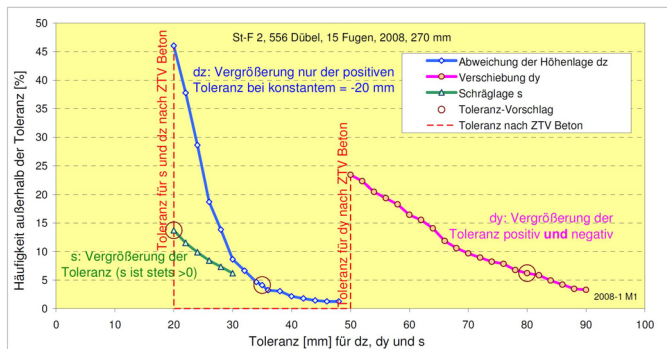


Bild 7: Häufigkeit der außerhalb der Toleranz liegenden Lage-Messgrößen der Dübel in Abhängigkeit von der Toleranz, Messabschnitt 1 2008-1

Aufgrund von Laboruntersuchungen [6] und der vorangegangenen Forschungsarbeit [3] ist eine Toleranzerweiterung einschließlich Messfehler insbesondere in der Höhenlage dz und Verschiebung dy möglich. Es kann eine abweichende Höhenlage nach unten von 35 mm einschließlich Messfehler ohne Auswirkung auf die Querkraftübertragung zugelassen werden. Dementsprechend könnte die abweichende Höhenlage von 20 mm nach oben (wie bisher) und 35 mm nach unten angesetzt werden. Eine zulässige Verschiebung dy der Dübel von +/- 80 mm einschließlich Messfehler ist möglich, da nach Laborversuchen [6] bei einer minimalen Einbindetiefe von 170 mm die Querkraft sicher übertragen werden kann. Die vorstehend beschriebenen möglichen Toleranzerweiterungen hatten, wie zwei zusätzliche Untersuchungen (Beispiel: Bild 7) zeigten, sehr unterschiedliche Auswirkung auf die Anzahl/Reduzierung der Überschreitungen.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2007): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton (ZTV Beton-StB 07), Köln.
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2006): Prüfung der Lagebestimmung von Dübeln und Ankern in Fahrbahndecken aus Beton (FGSV-Arbeitspapier ; 67).
- [3] Leykauf, G. ; Birmann, D.: Untersuchungen zur Optimierung eines Messverfahrens zur Bestimmung der Dübellage in Fahrbahndecken aus Beton, in: Informationen - Forschung in Straßen- und Verkehrswesen - Teil Straßenbau und Straßenverkehrstechnik IV - Stand 80. Lieferung, Juli 2006, S. 8 - 84 bis 8 - 89, Loseblattsammlung.
- [4] Birmann, D.: Messung und Auswirkung der Lage von Dübel und Ankern in Betonfahrbahnen -neue zerstörungsfreie Messverfahren, in: Beton, 56 (2006) Heft 11, S. 510 – 514.