

Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit von einbetoniertem Betonstahl mit dem Interaktiven Verfahren

T 3227

T 3227

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2010

ISBN 978-3-8167-8232-2

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

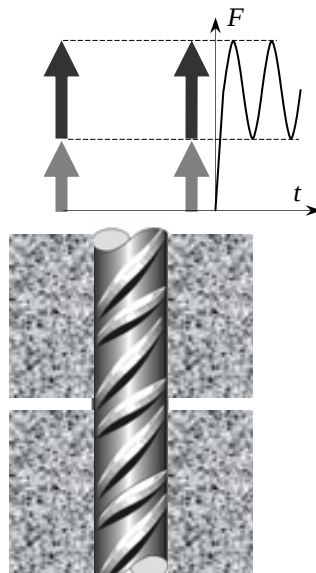
www.baufachinformation.de

19. Juni 2009

Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit von einbetoniertem Betonstahl mit dem Interaktiven Verfahren

Forschungsvorhaben des DIBt ZP 52-5-7.290-1293/08

Auftraggeber Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
 Kolonnenstrasse 30 L
 10829 Berlin



Dieser Bericht umfasst 30 Seiten Text. Die auch auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Genehmigung des Verfassers.

Schlussbericht ZP 52-5-7.290-1293/08

Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit von einbetoniertem Betonstahl mit dem Interaktiven Verfahren

Projektleiter:	Prof. Dr.-Ing. Reinhard Maurer	TU Dortmund, Betonbau Tel.: 0231 755 2094 E-Mail: betonbau@tu-dortmund.de
Sachbearbeiter:	Dr.-Ing. Friedrich Dreier	TU Dortmund, Betonbau - Befestigungstechnik Tel.: 0231 755 2563 E-Mail: friedrich.dreier@udo.edu
Sachbearbeiter:	Dipl.-Ing. Daniel Machoczek	TU Dortmund, Betonbau - Befestigungstechnik Tel.: 0231 755 5134 E-Mail: daniel.machoczek@tu-dortmund.de
Sachbearbeiter:	Dipl.-Ing. Guido Heeke	TU Dortmund, Betonbau Tel.: 0231 755 6938 E-Mail: guido.heeke@tu-dortmund.de

Kurzfassung

Die bisherige Vorgehensweise zur Festlegung der Wöhlerlinien für Betonstahl führt zu deutlich voneinander abweichenden Ergebnissen. Wöhlerlinien werden üblicherweise auf der Grundlage von Einstufenversuchen aufgebaut. Dabei ergeben sich i. A. unbestimmte statistische Verteilungen der Bruchschwingspielzahlen, insbesondere im Bereich der Dauerschwingfestigkeit. Dies erschwert eine zuverlässige statistische Auswertung.

Durch die Anwendung des Interaktiven Verfahrens, mit welchem charakteristische Werte der Wöhlerlinien (z. B. 5%-Quantil mit einem Vertrauensniveau von 90%) sowie der zugehörige Teilsicherheitsbeiwert unter Berücksichtigung eines probabilistischen Sicherheitskonzepts direkt bestimmt werden können, wurden neue Untersuchungen mit konstanter Unterspannung an nicht einbetonierten und einbetonierten Betonstahlproben durchgeführt und bewertet.

Untersuchungen an nicht einbetoniertem Betonstahl wurden im Rahmen des BAST Forschungsvorhabens (MAURER, BLOCK, DREIER, 2008) durchgeführt.

Für den Aufbau einer vollständigen Wöhlerlinie für nicht einbetonierten Betonstahl waren 5 quasistatische und 25 Ermüdungsversuche erforderlich. Die Proben mit einem Durchmesser von 20 mm wurden aus 5 Chargen einer Kaliberstandzeit entnommen.

Außerdem wurden während der oben genannten Forschungsuntersuchungen die 5 ersten Ergebnisse für einbetonierte Bewehrungsstäbe gewonnen.

In Rahmen des DIBt Forschungsvorhabens wurden weitere 15 Betonstahlproben in einbetoniertem Zustand untersucht und eine Ermüdungswiderstandsfunktion aufgebaut.

Der Vergleich von Ergebnissen mit nicht einbetonierten Proben zeigte, dass die Dauerermüdungsfestigkeit des untersuchten Bewehrungsstahls im einbetonierten Zustand deutlich größer ist (+13% auf charakteristischem Niveau) als diejenige nicht einbetonierte Proben.

Anschließend wird am Beispiel der gewonnenen Ergebnisse des Ermüdungswiderstandes gezeigt, wie die Parameter des Bemessungsdiagramms nach DIN 1045-1 (Abschnitt 10.8 Bild 52 und Tab. 16) quantitativ bewertet werden können.

Zusätzlich zu den Bemessungsauslegungen gemäß DIN 1045 wird empfohlen, die gemeinsame Wirkung der ruhenden und der ermüdungsrelevanten Beanspruchungen mit Hilfe des Goodman-Diagramms zu berücksichtigen.

Abstract

The up to now standard procedure for axial cyclic testing of reinforcing bars results in distinct varying characteristic fatigue strength curves (S-N curves). Usually S-N curves are determined on the basis of experimental investigations using the number of cycles to failure (N) for constant stress ranges ΔS on different stress levels. In general this approach results in indeterminate statistical distributions for the number of cycles to failure, in particular in the field of the fatigue endurance limit. This complicates a reliable statistical analysis.

By the use of a new developed research method – the Interactive Procedure – the characteristic fatigue strength curve (e.g. 5%-quantile was obtained at a 90% level of confidence) was directly determined by new test results.

The new experimental investigations on reinforcing steel are carried out testing in air as well as embedded in concrete. In the experiments the lower stress level was kept constant according to the usual design situation.

Investigations of testing in air were carried out in the context of the BAST research project (MAURER, BLOCK, DREIER, 2008).

For the development of a complete S-N-curve for steel tested in air 5 static and 25 cyclic tests had been required. The specimens with a diameter of 20 mm were taken from 5 charges during the use of one roller.

5 tests for reinforcing bars embedded in concrete had also carried out during the above-mentioned research studies.

In context of the DIBt research project further 15 samples of reinforcing steel embedded in concrete were tested so that it was possible to generate a complete function for fatigue resistance also for this case.

The results of both series had been compared. The result shows that the value of the fatigue endurance limit of the embedded reinforcing steel is 13% higher than the value for testing in air.

Subsequently it is presented that the determined fatigue resistance can be used to assess the parameters of the S-N curve according to DIN 1045-1 (fig. 52 and tab. 16).

In addition to the design method acc. to DIN 1045 the use of the Goodman-diagram is recommended to consider the combined effects of the static and fatigue loading.

Résumé

La procédure utilisée jusqu'alors pour les tests axiaux cycliques du ferrailage béton résulte de différentes courbes caractéristiques de résistance à la fatigue (S N courbes). En règle générale, les courbes S-N sont établies sur la base d'études expérimentales utilisant le nombre de cycles à l'échec (N) du domaine constant de stress (ΔS) sur les différentes gammes de niveaux de stress. Cette approche conduit généralement à des distributions statistiques indéterminées du nombre de cycles à l'échec. Notamment dans le domaine de la résistance. Cela rend difficile une analyse statistique fiable.

Grâce à l'utilisation du processus interactif, avec lequel les valeurs caractéristiques des courbes S-N (par exemple 5 % quantile avec un niveau de confiance de 90 %) peuvent être déterminées directement, de nouvelles études de sous-tension constante ont été menées et évaluées sur des essais de ferrailage bétonné et non bétonné.

Des études sur le ferrailage non bétonné ont été menées dans le cadre du projet de recherche BAST (MAURER, BLOCK, DREIER, 2008).

Pour la construction d'une courbe S N complète en ferrailage non bétonné, 5 tests quasi statiques et 25 tests de résistance en fatigue ont été nécessaires. Les essais avec un diamètre de 20 mm proviennent de 5 charges d'un même cylindre. De plus, c'est au cours des recherches citées ci-dessus que les 5 premiers résultats pour ferrailage bétonné ont pu être établis.

Dans le cadre du projet de recherche DIBt, 15 autres échantillons de ferrailage bétonné ont été soumis à des tests d'évaluation de résistance en fatigue.

La comparaison des résultats avec des échantillons non bétonnés a montré que la durée de résistance en fatigue du ferrailage bétonné examiné est nettement supérieure à celui non bétonné (+13% au niveau caractéristique).

Ainsi, en prenant exemple sur les résultats obtenus pour la résistance en fatigue, on montre comment les paramètres du diagramme DIN 1045-1 (Extrait 10.8 Image 52 et tableau 16) peuvent être évalués quantitativement.

Outre les investigations de calculs et conformément à la norme DIN 1045, il est conseillé de tenir compte de l'action commune de la sollicitation statique et de la sollicitation en fatigue à l'aide du diagramme de Goodman.

Inhalt

Kurzfassung	3
Abstract	3
Résumé.....	4
1 Problemstellung und Forschungskonzept	7
1.1 Problemstellung.....	7
1.2 Forschungskonzept.....	7
2 Untersuchungsprogramm.....	10
2.1 Grundlagen.....	10
2.2 Details	11
2.2.1 Zusammensetzung der Stichprobe.....	11
2.2.2 Prüfkörper und Versuchsaufbauten.....	12
2.2.3 Ablauf der Versuche	15
3 Versuchsergebnisse.....	15
3.1 Nicht einbetonierter Betonstahl	15
3.1.1 Quasi-statische Versuche.....	15
3.1.2 Aufbau der Wöhlerlinie	16
3.2 Einbetonierter Betonstahl.....	17
3.2.1 Veränderungen des Verbundzustandes .	18
3.2.2 Ermüdungsversagen und Aufbau der Wöhlerlinie	18
3.2.3 Statistische Analysen.....	22
3.2.4 Einfluss der Betonfestigkeit	24
3.2.5 Vergleich der Ermüdungsfestigkeiten: einbetoniert – nicht einbetoniert	24
4 Ableitungen der Bemessungsdiagramme	25
4.1 Anpassung des Bemessungsdiagramms nach DIN 1045-1	25
4.2 Aufbau des Goodman-Diagramms für die Bemessung	28
Zusammenfassung	29
Literatur	30