

Kurzfassung

Ermüdung wird häufig zum maßgebenden Kriterium für die Restnutzungsdauer von Bestandsbauwerken sowie für den Entwurf und die Bemessung neuer Überbauten, sodass eine zuverlässige Lebensdauerprognose einen bedeutenden volkswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Einfluss hat. Die Zuverlässigkeit der Lebensdauerprognose von geschweißten Konstruktionsdetails im Brückenbau wird von mehreren ineinandergreifenden widerstands- und beanspruchungsseitigen Einflussparametern bestimmt, die anhand dreier Teilziele zur Optimierung eines für den Verbundbrückenbau typischen und regelmäßig vorkommenden Kragträgeranschlusses aufgearbeitet wurden.

Dazu wurde zunächst der Einfluss der konstruktiven Gestaltung auf die Ermüdungsfestigkeit anhand einer an typische Beanspruchungssituationen angepassten Entwicklung vereinfachter Konstruktionsdetails untersucht. Für den Obergurtanschluss der Kragträger konnten angepasste Konstruktionsdetails entwickelt werden, die durch ihre vereinfachte Fertigung dieses oft hundertfach ausgeführten Details zu einer insgesamt effizienteren Konstruktion führen. Anhand von Wöhlerversuchen und numerischen Begleituntersuchungen wurden Kerbfälle für diese Konstruktionsdetails hergeleitet, die in die nächste Eurocode-Generation implementiert werden.

Bei den Untersuchungen zur Beurteilung des Einflusses der konstruktiven Gestaltung konnte bei gleichartigen Konstruktionsdetails ein signifikanter Einfluss der Fertigungsbedingungen auf die Ergebnisse festgestellt werden. Da für die Nähte am Kragträgeranschluss von variierenden Fertigungsbedingungen auszugehen ist, wurde der Einfluss der Fertigungsbedingungen auf die Ermüdungsfestigkeit vertiefend untersucht. Darauf aufbauend konnte eine neue Bewertungsmethode entwickelt werden, die durch Integration von fertigungsspezifischen Informationen eine Optimierung der Bemessungswerte und aussagekräftigere rechnerische Versagenswahrscheinlichkeiten ermöglicht.

Sobald die anforderungsgerecht optimierte Konstruktion und die neue Bewertungsmethode unter Berücksichtigung der Fertigungsbedingungen in einem Bemessungskonzept mit einer

realitätsnahen Beanspruchungssituation zusammengeführt werden, können Ungenauigkeiten im Rechenmodell zur Lebensdauerprognose identifiziert werden, die die Aussagekraft rechnerischer Versagenswahrscheinlichkeiten wieder herabsetzen können. Diese Ungenauigkeiten wurden durch experimentelle Untersuchungen der Treffsicherheit der verschiedenen Formen der Miner-Regel zur Lebensdauerprognose unter brückenbautypischen Beanspruchungskollektiven analysiert. Diese Kollektive zeichnen sich unter Regelverkehr u. a. durch niedrige Höchstwerte und durch eine Vielzahl von Spannungsschwingbreiten im Dauerfestigkeitsbereich aus, sodass sie zu sehr langen Lebensdauern führen. Es konnte geschlussfolgert werden, dass Miner-modifiziert für alle untersuchten brückenbautypischen Kollektive sicher ist, jedoch mit kleiner werdenden Kollektivhöchstwerten eine Tendenz zu konservativen Lebensdauervorsagen zeigt. Kollektive mit niedrigen Höchstwerten leisten demnach einen geringeren Schädigungsbeitrag als rechnerisch angenommen, sodass Miner-original in den vorliegenden Untersuchungen die experimentellen Lebensdauern in diesem Bereich am treffsichersten und mit erheblich verlängerten Lebensdauerprognosen abbildet.

Abstract

Fatigue is often the decisive criterion for the remaining service life of existing structures as well as for the design and dimensioning of new structures, resulting in a reliable service life prediction having a significant economic and social impact. The reliability of service life prediction of welded constructional details in bridge construction is determined by several interlocking resistance- and exposure-related parameters, which were worked up on the basis of three sub targets for the optimization of a cantilever joint typical and regularly occurring in composite bridge construction.

Initially, details for the top flange joint with an optimized design adapted to typical loading situations were developed with the aim of simplifying manufacturing. FAT classes for these simplified constructional details were derived on the basis of constant amplitude fatigue tests and accompanying numerical investigations. These newly developed FAT classes will be implemented in the next Eurocode generation. Due to their large number of occurrence, they can lead to an overall more efficient design.

When investigating the influence of design, a significant influence of manufacturing conditions on the results was found for identically designed details. Since varying manufacturing conditions can be assumed for the welds at the cantilever joint, the influence of manufacturing conditions on the fatigue strength was further investigated. Based on constant amplitude fatigue tests on identical constructional details, a causality to the manufacturing conditions of the corresponding test series could be established. It was shown that the remaining scatter of fatigue strength of identical constructional details remains constant as long as the population contains exclusively the same manufacturing conditions. Narrowing the remaining scatter of fatigue strength has a positive effect on design values, so a new assessment method integrating manufacturing-specific information was developed that allows for more accurately calculated probabilities of failure.

As soon as the optimized design and the new evaluation method are combined in a design concept with a realistic loading situation, inaccuracies in the calculation model for service life

prediction could be identified, which can again reduce the reliability of calculated failure probabilities. The accuracy of calculation models for service life prediction has not been sufficiently investigated regarding stress spectra typical for bridge construction. With the aim of further improving the prediction of service life, this remaining uncertainty was analyzed based on variable amplitude fatigue tests. The results show that Miner-modified is safe for all investigated bridge typical spectra but shows a tendency towards conservative service life predictions with decreasing peak amplitudes. Consequently, spectra with low peak amplitudes contribute less to damage than anticipated, resulting in Miner-original providing the most accurate representation of experimental service lives in this range with significantly increased service life predictions.