

Wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion

Ein Beitrag zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Spannbetonbrücken mit Hennigsdorfer Spannstahl

Hydrogen embrittlement stress corrosion

A contribution to the assessment of the reliability of prestressed concrete bridges with Hennigsdorfer prestressing steel

Tobias Wilhelm

Kurzfassung

Bei dem Prozess einer Wasserstoffinduzierten Spannungsrisskorrosion (H-SpRK) handelt es sich um einen zeitabhängigen Vorgang, der zu einer Reduzierung der Duktilität und Widerstandskraft des Spannstahls führt und daraus resultierend ein sprödes und schlagartiges Versagen eines Spannbetonbauwerkes zur Folge haben kann. Der Prozess selbst und insbesondere auch die ihn beeinflussenden Parameter sind für die im Bauwesen verwendeten hochfesten Spannstähle älterer Produktion weitestgehend unerforscht. Die Relevanz für bestehende Bauwerke ist jedoch nicht zuletzt durch einzelne dokumentierte und untersuchte Schadensfälle nachgewiesen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die zur Verfügung stehenden Bauwerksuntersuchungen aus den zurückliegenden ca. 10 Jahren statistisch zu analysieren und auszuwerten. Auf dieser Basis war ein Berechnungsmodell wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis zu entwickeln, mit dem die Gefahr eines spröden Bauwerksversagens für das Gesamttragwerk beurteilt und hinsichtlich der Auswirkungen auf das einzuhaltende Sicherheitsniveau bewertet werden kann.

Es wurden insgesamt 31 Bauwerksuntersuchungen statistisch ausgewertet und beurteilt. Die zur Verfügung stehenden Daten wurden analysiert und hinsichtlich der Prüfqualität sowie der Quantität der Proben bewertet. Dabei war festzustellen, dass aufgrund fehlender konkreter Vorgaben im Regelwerk eine sehr heterogene Datenbasis vorliegt. Nicht alle Untersuchungsergebnisse konnten in die weitere Auswertung einbezogen werden. Die in ausreichender Datenqualität und Datenumfang geeigneten Untersuchungen wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für den Prozess einer H-SpRK analysiert und die Auswirkungen einzelner Parameter bewertet.

Im Ergebnis der materialtechnischen Untersuchungen und statistischen Auswertung der Bauwerksuntersuchungen wurde ein Berechnungsmodell vorgestellt, das den gleichzeitigen Ausfall von Spannstahl in allen Bereichen des Bauwerkes berücksichtigt. Zusätzlich zum Standardverfahren des beschriebenen Vorgehens wird das Modell um den Ansatz eines korrelierten Spannstahlausfalls erweitert. Außerdem wird für Bauwerke mit einem statisch unbestimmten Anteil der Vorspannung sowie für Konstruktionen mit gestaffelter Spannstahlbewehrung die Anwendung des Verfahrens konkretisiert.

Neben der Erstellung des Berechnungsmodells wurden Vorschläge zu Vorgaben für die Bauwerksprüfung vorgestellt. Dazu zählen insbesondere die Festlegung von Prüfintervallen sowie einheitliche Vorgaben zu den verwendeten Prüfmethoden und -verfahren. Bezüglich der Festlegung von Mindestumfängen von Proben wird zwischen bestehenden und auch weiter zu nutzenden Bauwerken einerseits sowie Probennahmen im Rahmen von Rückbaumaßnahmen unterschieden.

Abstract

The process of a hydrogen-induced stress corrosion cracking (H- SCC) is a time-dependent process which leads to a reduction of ductility and toughness of the pre-stressing steel. The resulting brittle may cause a sudden failure of a pre-stressed concrete building. The process itself and the parameters affecting it in particular are largely unexplored for the high-strength pre-stressing steels of an older generation used in construction. The relevance of this problem for existing structures, however, has been proven by individually documented and analyzed claims.

The aim of the present study was to analyze the available building studies from the past 10 years and statistically evaluate these. On this basis, a calculation model of probabilistic base had to be developed, which judges the risk of brittle failure for the entire building structure and evaluates the impact of the level of security to be maintained.

A total of 31 building studies were statistically analyzed and reviewed. The available building studies were examined and evaluated in terms of the quality of tests and the quantity of the samples. It was noted that due to the lack of specific provisions of rules there is a very heterogeneous data base. Not all test results were included in the further analysis. The appropriate and sufficient data quality and the scope of the studies were analyzed with respect to their relevance to the process of H- SCC. The impact of individual parameters was assessed.

As a result of the material- technical studies and statistical analysis of the structural inspection, a calculation model was presented which takes into account the simultaneous failure of pre-stressing steel in all areas of the building. In addition to the standard procedures described, the model was extended by the approach of a correlated pre-stressing steel failure. It also specifies the application of the method for buildings with a statically indeterminate proportion of bias as well as for structures with staggered pre-stressing steel reinforcement.

In addition to creating the calculation model, proposals for the requirements of structural testing were presented. These include in particular the definition of inspection intervals and uniform guidelines to the test methods and procedures in use. With regards to the setting of minimum circumferences of samples it is distinguished between existing and next -to-use structures as well as sampling in the context of restoration measures.