

Untersuchungen an 43 Jahre im Nordseeklima ausgelagerten Stahl- und Spannbetonbalken

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 20 (2010)

Dipl.-Ing. Kai Osterminski, Dr.-Ing. Andreas Volkwein, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Peter Schießl, Prof. Dr.-Ing. Christoph Gehlen

Arbeitsgruppe 3: Stahl und Korrosion

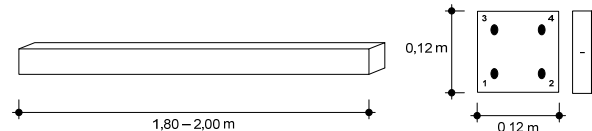
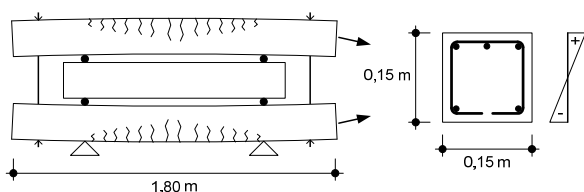
1 Einleitung

Im Zeitraum von Ende 1963 bis Anfang 1964 wurden im Rahmen von zwei Forschungsvorhaben an der TU München Probekörper hergestellt. Dabei handelte es sich um zentrisch vorgespannte Spannbetonbalken und in Feldmitte durch Biegezugspannung gerissene Stahlbetonbalken. Von Mitte 1964 bzw. 1967 wurden diese zunächst auf Norderney und ab Mitte 1970 auf Borkum in Meeresluft (XS1) ausgelagert. Die Probekörper wurden in unregelmäßigen Abständen von Mitarbeitern der TU München (zuletzt vom Lehrstuhl Baustoffkunde) inspiziert und sind Ende der 1980er Jahre in Vergessenheit geraten. Durch ein Schreiben der Gemeinde Borkum bzgl. der Pachtsituation des Auslagerungsgeländes wurde das Centrum Baustoffe und Materialprüfung wieder auf die Probekörper aufmerksam gemacht. Bei einer Inspektion im Jahr 2006 stellte sich heraus, dass noch eine große Anzahl von Probekörpern vorhanden war und dass eine Untersuchung der Probekörper hinsichtlich des Korrosionswiderstands der Betone mittels moderner Methoden sowohl für die Wissenschaft als auch für die Anwendung heutiger leistungsbezogener Nachweisverfahren für die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauteilen wertvoll sind.

2 Untersuchungen

Für die Untersuchungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit wurden in den 60er Jahren zwei unterschiedliche Probekörper hergestellt:

- Durch Biegung in Feldmitte gerissene Stahlbetonbalken (siehe Bild - oben) und
- zentrisch vorgespannte Spannbetonbinder (Bild - unten) mit Sigma Oval Stahl im direkten Verbund.



Die *gerissenen Stahlbetonbalken* gehörten zu einem Forschungsvorhaben, welches sich mit der Wirkung von Inhibitoren beschäftigte, vgl. [1]. Dabei wurde ein Portlandzement PZ 275 aus Beckum verwendet. Der w/z-Wert wurde auf 0,70 eingestellt. Neben eines inhibitorfreien Referenzbetons wurden jeweils drei Inhibitoren mit 1,0 M.-%/z. beim Mischen hinzugegeben (nachfolgende Tabelle).

Parameter	Einheit	Variation
Zementart	[-]	PZ 275 Beckum
Zementgehalt	[kg/m ³]	270
w/z-Wert	[-]	0,70
Gesteinskörnung	[kg/m ³]	1883
Fraktion 0/3	[kg/m ³]	753
Fraktion 3/7	[kg/m ³]	565
Fraktion 7/15	[kg/m ³]	565
Inhibitorgehalt	[M.-%/z.]	1,0
		Natriumchromat (Na ₂ CrO ₄)
		Natriumnitrit (NaNO ₂)
		Natriumbenzoat (Na(C ₆ H ₅ COO))

Anhand der Untersuchungen an den *Spannbetonbalken* sollte der Einfluss der Zementart und des w/z-Werts auf deren Dauerhaftigkeit untersucht werden. Hierfür wurden sechs unterschiedliche Zemente und drei w/z-Werte untersucht (nachfolgende Tabelle).

Für eine Beurteilung der Dauerhaftigkeitseigenschaften der damals verwendeten Betone wurden nachfolgende Untersuchungen durchgeführt, von denen Auszugsweise zwei in Kapitel 3 aufgeführt sind:

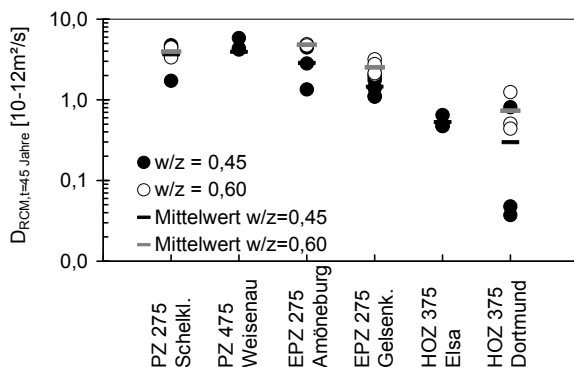
- Bestimmung der Druckfestigkeit,
- Visuelle Zustandserfassung,
- Erfassung der Halbzellenpotentiale,

- Bestimmung der Carbonatisierungstiefe,
- Entnahme von Bohrkernen für
 - Elektrolytwiderstandsmessungen und
 - Schnellchloridmigrationsversuche,
- Bestimmung von Chloridprofilen sowie
- Ausbau von Stählen.

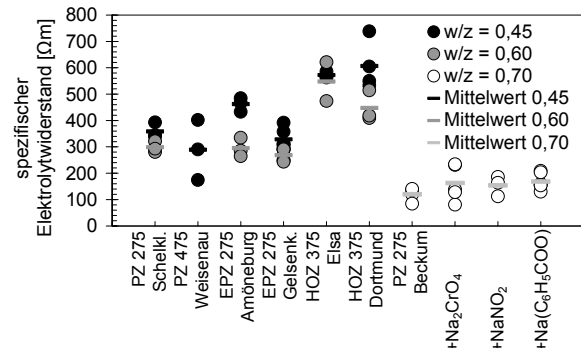
Parameter	Einheit	Variation		
Zementart	[-]	PZ 275 Schelklingen PZ 475 Weisenau EPZ 275 Amöneburg EPZ 275 Gelsenkirchen HOZ 375 Elsa HOZ 375 Dortmund		
Zementgehalt	[kg/m ³]	420	300	240
w/z-Wert	[-]	0,45	0,60	0,80
Gesteinskörnung Σ	[kg/m ³]	1740	1864	1884
Fraktion 0/3	[kg/m ³]	691	740	748
Fraktion 3/7	[kg/m ³]	525	562	568
Fraktion 7/15	[kg/m ³]	525	562	568

3 Ergebnisse

Das folgende Diagramm zeigt den Schnellchloridmigrationskoeffizienten in Abhängigkeit der Zementart und des w/z-Werts zum Betonalter von 43 Jahren. Darin ist eine deutliche Abnahme des Schnellchloridmigrationskoeffizienten mit Zunahme des Hüttensandgehaltes im Zement zu erkennen. Ein Anstieg des Hüttensandgehaltes bewirkt ein im hohen Betonalter dichteres Porengefüge. Zusätzlich zeigten die Betone mit geringeren w/z-Werten geringere Schnellchloridmigrationskoeffizienten, was auf eine Verringerung des transportrelevanten Kapillarporenraumes zurückzuführen ist.



Der spezifische Elektrolytwiderstand unter wassergesättigten Bedingungen bei $T = 20^\circ\text{C}$ ist im nächsten Bild dargestellt.



Der spezifische Elektrolytwiderstand ist abhängig von der Porosität des Betons und der Konzentration der Ionen im Porenwasser. Je dichter der Beton und je geringer die Ionenkonzentration, desto höher ist der spezifische Elektrolytwiderstand. Mit zunehmender Hydratation des Zements nimmt die Porosität ab. Insbesondere die latent-hydraulische Reaktion des Hüttensandes verbraucht die Ionen des Porenwassers, weshalb hier ein Anstieg des Elektrolytwiderstands zu beobachten ist. Im Mittel zeigen die geringeren w/z-Werte bei gleicher Zementart die höheren spezifischen Elektrolytwiderstände. Ausnahme hier bilden die Probekörper des PZ Beckum (mit und ohne Inhibitor). Hier konnten die Bohrkern, die für diese Untersuchung verwendet wurden, nicht aus einem ungeschädigten, nicht von Mikrorissen gestörten Betongefüge entnommen werden. Aus diesem Grund liegen alle Ergebnisse eine Größenordnung niedriger als alle anderen Ergebnisse. Dies ist auch der Grund warum es hier nicht möglich war, den Schnellchloridmigrationskoeffizienten zu bestimmen.

4 Zusammenfassung

Mit den im Forschungsvorhaben durchgeführten Untersuchungen konnten wertvolle Erkenntnisse über die Dauerhaftigkeit von alten Betonen quantifiziert werden.

5 Literatur

- [1] D. Briesemann, Dissertation, TU München, 1971.

Die Forschungsarbeit wurde mit Mitteln des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e.V. gefördert.