

LIQUID X: ZUSATZMITTEL FÜR WASSERUNDURCHLÄSSIGEN CHLORIDBESTÄNDIGEN BETON UND ZUM KORROSIONSCHUTZ DER BEWEHRUNG

Es gilt hier den Nachweis zu erbringen, dass Betone aller Güteklassen durch Beigabe des Zusatzmittels LIQUID X der Fa. Pan-Tech (P-T) Produkte einerseits wasserundurchlässig und Chloridbeständig werden, als auch die Korrosion der Bewehrungsteile in Betonbauwerken maximal reduziert wird.

SYSTEMBESCHREIBUNG:

LIQUID X, gefertigt durch P-T, ist auf Basis von Erdalkalisilikaten ein chloridfreien, wässriges, anorganisches, komplexes Copolymer, das chemisch mit Portland-Zement reagiert, um die Matrix von Portland-Zementbeton zu verdichten.

Die Basisinformationen von P-T sind umfassend. Es sind eine große Anzahl von technischen Unterlagen, Datenblättern, Fallhistorien und Prüfberichten durch unabhängige Prüflabore und staatliche Transportprüfagenturen wie z.B. "State Transportation Testing Agencies" und der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien, vorhanden.

Diese Informationen, welche in einem Gutachten zusammengefasst sind, sagen folgendes aus:

Die wasserlöslichen Bestandteile, Kalziumhydroxid und Kalzium – Aluminiumhydroxid, auch als freier Kalk bezeichnet, werden in unlösliche Mineralien wie, komplexe Silikate und Tri - Calcium – Aluminiumsilikate umgewandelt. Diese unlöslichen Mineralien füllen die Kapillaren als sehr feine Mikrokristalle auf. In Kombination mit der Mikroporenstruktur im Beton führt dies zu einer Betonmasse, die dem Eindringen von Wasser, selbst unter extremen Druck, standhält. Die Durchlässigkeit von Beton wird dadurch beträchtlich gesenkt und das Eindringen von Chloridionen in den Beton erheblich reduziert. Folglich wird die, durch Chlorid verursachte, Korrosion von Stahlarmerungen in Betonbauten nahezu vollständig verhindert.

Laut Forschern an der Pennsylvania State University, University Park, PA, beinhaltet der Zusatzstoff Kalziumsilikathydrat. Dieses Material wird als Hydrationsprodukt bei Allit und Belit verwendet. Das Material beschleunigt die Hydratation durch nukleierende Reaktion, die zu einer Intensivierung des Kristallisationsprozesses von Kalziumsilikathydrat und potentiell Kalziumhydroxid führt.

Die Laborprüfergebnisse und Langzeitauswertungen bestätigen die erhobenen Ansprüche von P-T LIQUID X, als Zusatzstoff in Beton, erhöht durch die wasserundurchlässige Wirkung die Lebensdauer verstärkter Betonbauten und wirkt wie ein Korrosionsschutz der Bewehrungsteile in Betonbauwerken.

Weiteres wird gezeigt, dass es durch den Einsatz von LIQUID X in Beton keine Kompatibilitätsprobleme mit Verflüssigern, Luftporenbildnern und Flugasche gibt.

PRÜFUNGEN:

LIQUID X Beton-Zusatzmittel der wird seit 1963 in Abständen von teils mehreren Jahren, verschiedenen Prüfungen und Test, darunter auch Langzeittests mit einer Dauer von bis zu 30 Jahren, unterzogen.

Die Prüfungen wurden in den USA, im mittleren Osten sowie in Europa (unter anderem auch in Österreich) durchgeführt.

Geprüft wurde die Wirkung von LIQUID X als Zusatzmittel für Betone aller Güteklassen. Weiteres wurden alle Änderungen der Betoneigenschaften durch Zugabe von LIQUID X geprüft, und letztendlich wurden die notwendigen Dosierungen und Verfahren zur Zugabe zum Beton untersucht.

Im mittleren Osten wurden mit eigens dafür gebauten Dosiersystemen Prüfungen durchgeführt um die exakt passenden Dosierungen heraus zu finden.

Auszug aus der Liste der Prüforganisationen:

- Commonwealth of Pennsylvania, Material and Testing Division, Bureau of Construction & Materials
- KANN-Beton GmbH&Co.KG, Hauptlabor Bendorf
- Concrete Innovations Appraisal Service (CIAS)
- AI Futtaim Tarmac Laboratories Division
- Structwel Designers and Consultants PVT.Ltd., recognized R&D Unit by Government of India
- AMERC Ambric Testing Inc. Laboratories
- City of Vienna Administration, Municipal Department MA 39

Auszug aus der Liste der Testmethoden:

- AASHTO T 259 - Standard Method of Test for Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration
- AASHTO T 260 - Standard Method of Sampling and Testing for Total Chloride Ion in Concrete and Raw Materials
- ASTM C 39 - Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- ASTM C 78 - Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (using Simple Beam with Third-Point Loading)
- ASTM C 143 - Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete
- ASTM C 157 - Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement, Mortar and Concrete
- ASTM C 186 - Standard Test Method for Heat of Hydration of Hydraulic Cement
- ASTM C 231 - Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

- ASTM C 234 - Standard Test Method for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel
- ASTM C 441 - Standard Test Method for Effectiveness of Mineral Admixtures or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction
- CRD-C 48 - Method of Test for Water Permeability of Concrete

Prüfbereiche:

- Qualitätstest
- Ortbeton
- Lieferbeton
- Betonfertigteile
- Fugen und Anschlussbereiche

ZUSAMMENFASSENDER DARSTELLUNG DER PRÜFUNGSERGEBNISSE

Laut "American Concrete Institute (ACI) Committee 201" wird die Haltbarkeit von Portland-Zement als seine Beständigkeit gegenüber Verwitterung, chemischen Angriffen, Abschürfung oder jeglichen anderen Verschlechterungsprozessen definiert, d.h. haltbarer Beton behält seine ursprüngliche Form, Qualität und Funktionstüchtigkeit bei Exposition gegenüber seiner Umgebung.

Bei korrekter Bemessung des Betons und korrektem Vergießen, Verdichten und Aushärten sollte der Beton für einen langen Zeitraum wartungsfrei sein. In der Praxis geschieht dies jedoch selten. Öfter verschlechtern sich bewehrte Betonbauten vorzeitig aufgrund der Korrosion von Stahlarmerungen durch Chloridionen und Feuchtigkeit und benötigen konstante Reparaturen und Wartung zu erheblichen Kosten.

Jegliche **chemische Zusatzmittel, die das Eindringen von Wasser und Chloridionen und anderen aggressiven Chemikalien verhindern oder reduzieren bieten einen effektiven Korrosionsschutz.**

LIQUID X ist ein Zusatzmittel auf Basis von Erdalkalisilikaten für den Einsatz in bewehrten Beton zur Verbesserung der Haltbarkeit mittels Reduktion der Durchlässigkeit, verbesserter Wasserdichtigkeit und verbessertem Korrosionsschutz der Stahlarmerung. Die Basisinformationen und andere relevante Dokumente von P-T bieten ausreichende technische Back-up-Daten zur Unterstützung des Anspruchs, der aussagt, dass der Einsatz von LIQUID X in Beton die Durchlässigkeit von Beton durch Veränderung seiner Mikrostruktur und praktischen Wasserdichtigkeit erheblich reduziert. Dies führt wiederum zu einer **beträchtlichen Reduktion der Penetration von Chloridionen in bewehrten Beton, dies bietet Schutz vor Korrosion der Stahlarmerung.**

Außerdem kann die elektrochemische Korrosion ohne Verfügbarkeit von Wasser an der kathodischen Seite nicht stattfinden. Dies führt zu einer **längeren Lebensdauer der Betonbauten.**

PAN-TECH besitzt eine Reihe von Fallstudien, die den Erfolg von LIQUID X in Beton verdeutlichen. Ein Beispiel ist die Leistungsaufzeichnung, über 25 Jahre bis 1998, einer **Betonkonstruktion mit LIQUID X** in einer Pennsylvania Autobahnbrückendecke. Anfang der 70er errichtet, befand sich die Brückendecke bei unabhängigen Inspektionen 1991 und 1998 **in einem guten Zustand**, während der Beton in den Kontrollbrückendecken **ohne Liquid x beträchtliche Spannungen, Risse und Bindemittelabbau** aufwies.

Folgende Prüfungen/Tests werden für den obengenannten Zweck empfohlen: Direkte einachsige Wasserdurchlässigkeitsprüfung CRD-C 48 (modifiziert) (Direct uniaxial uniaxial water permeability test CRD-C 48 (modified) und AASHTO Prüfungen T 259 und T 260.

Es gibt keine Kompatibilitätsprobleme bezüglich dem Einsatz dieses Mittels in Beton mit Verflüssigern, Luftporenbildnern und Flugasche. Dokumente von IPA Systems Inc. zeigen, dass LIQUID X durch verschiedene "State Transportation Departments" für den Einsatz in Betonbauten genehmigt wurde, einschließlich Pennsylvania Department of Transportation; Pennsylvania Turnpike Commission; Rhode Island Department of Transportation; Ohio Department of Transportation (durch Planhinweis); City of Los Angeles, California; und City of Philadelphia, Pennsylvania.

LIQUID X ist als Betonzusatzmittel Kategorie Dichtungsmittel im AASHTO-AGC-ARTBA Subcommittee On New Highway Materials' "Manual for Corrosion Protection of Concrete Components in Bridges" anerkannt.

Der Einsatz von LIQUID X in Beton zur **Reduzierung der Expansionen durch basische Alkalireaktionen** basiert auf begrenzten Daten. **Da die basische Alkalireaktion Feuchtigkeit benötigt, reduziert der Einsatz von LIQUID X in Beton die Expansion** aufgrund der oben genannten Reaktion.

Mittlerweile verfügt LIQUID X auch über eine entsprechende CE-Konformitätserklärung, und ist im gesamten europäischen Markt zugelassen.

Ergänzende Ausführungen zu LIQUID X als Zusatzmittel in Beton

Guter Qualitätsbeton muss sich nicht verschlechtern, vorausgesetzt, er wurde korrekt bemessen, gemischt, platziert, verdichtet und ausgehärtet, laut den Richtlinien und Spezifikationen des "American Concrete Institute" und anderer Richtlinienagenturen.

Leider werden diese Richtlinien oft ignoriert, dies führt zu schwachen, durchlässigen Beton, der das Eindringen von Wasser und aggressiven Chloridionen ermöglicht, die eine Korrosion der Stahlarmerung in Beton verursachen. Manchmal findet die Verschlechterung und Rissbildung aufgrund der Auswahl von Zuschlägen statt, die anfällig gegenüber Alkali-Silika-Reaktionen sind.

Die Korrosion von Stahlarmerung in Beton wurde zu einem ernstem weltweiten Problem. Die "American Society of Civil Engineers" hat 1998 einen Bericht herausgegeben, in dem \$80 Milliarden für eine Reparatur und Wartung der nationalen Brücken angegeben werden, die meisten dieser Reparaturarbeiten beziehen sich auf Korrosion von Armierungsstahl in Beton.

Es ist allgemein bekannt, dass die Korrosion von Armierungsstahl in Beton mittels chemischer Zusatzmittel reduziert werden kann.

Dieser Teil des Gutachtenberichts ist eine unabhängige und unparteiische Zusammenfassung der Informationen von P-T zum chemischen Zusatzmittel "LIQUID X" zur Reduzierung der Durchlässigkeit.

Was ist LIQUID X?

P-T deklariert LIQUID X als ein chloridfreies, wässriges, anorganisches, komplexes, Copolymer auf Basis von Erdalkalisilikaten. Im Sinne der Betontechnologie handelt es sich um ein chemisches Zusatzmittel, das Portland-Zement während dem Mischen hinzugegeben wird, dadurch wird die Durchlässigkeit von Beton im ausgehärteten Zustand erheblich reduziert, wodurch dann das Eindringen von Wasser und Chloridionen in den Beton erheblich minimiert wird.

Funktion von LIQUID X

Die Funktion von LIQUID X in Beton ist eher komplex. Laut Informationen von P-T reagiert LIQUID X bei Mischung mit Beton chemisch mit Portland-Zement, um die Mikrostruktur von Portland-Zementpaste in Beton zu modifizieren und verändern (Abbildung 1). Laut den Angaben von P-T beinhaltet LIQUID X ungefähr 18,6 Prozent Feststoffe.

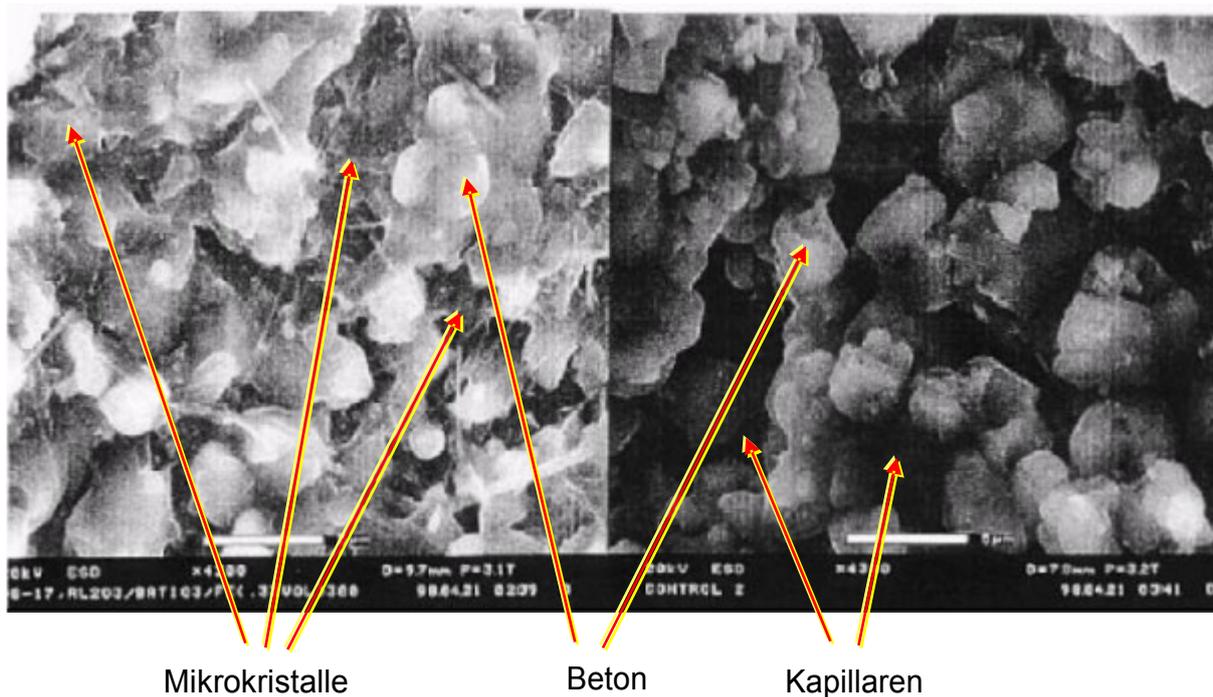


Abb. 1: Mikrostruktur von LIQUID X Beton: Bei einer Vergrößerung von 4300 sind hydratisierte Zementkörner immer noch im LIQUID X Beton erkennbar, jedoch sind sie in einer kontinuierlich verbundenen Matrix eingehüllt. Ähnlich dem Kontrollbeispiel zeigt der Beton mit LIQUID X wenige erkennbare Grenzen aus Zementkörnern. Dunkle Bereiche stellen Hohlräume dar.

Die Mikrostruktur im LIQUID X Beton ist dichter pro Masse, und die empfohlene Dosierate beträgt 1% laut Gewicht des Portland-Zements. Der pH-Wert von LIQUID X beträgt 13,2.

Badger et. al. Hat in den 1990er Jahren moderne Experimente mittels Röntgenstrahlendiffraktion, Elektronenmikroskop, Transmissions-Elektronenmikroskop und optischen Mikroskop durchgeführt, um die Funktion von LIQUID X in Beton wie folgt zu erklären:

"Die Effizienz der Kristallisationskeimeinpflanzung als Methode der Mikrostrukturbeeinflussung und Phasenkontrolle wurde in Systemen außerhalb von Portland-Zementsystemen klar nachgewiesen. Die Vorteile des Keimeinpflanzens und chemischer Zusätze zum Portland-Zement offenbaren sich in simultanem Wachstum und Keimneubildung von Phasen für die Bildung von haltbaren Beton. Das Zusatzmittel auf Basis von Erdalkalisilikaten beinhaltet C-S-H, dasselbe Material wie die Hydrationsprodukte von Allit und Belit. Das Material beschleunigt die Hydratation durch eine keimbildende Reaktion, die zu einer Intensivierung der Kristallisationsprozesse von Kalziumsilikathydrat und potentiell Kalziumhydroxid führt. Die Kombination der Chemie des Zusatzmittels und erhöhter Bildung von Kristallisationskernen bietet ein Beispiel für die **verbesserte homogene Mikrostruktur im SEM**. Dieses Beispiel induzierten Wachstums von Kristallisationskernen als Mittel zur Kontrolle der Mikrostruktur ist laut Kenntnissen des Autors das erste Mal, dass diese Methode in den USA kommerziell implementiert wurde.

Die vorhergesagte Zunahme der Hydratation und Druckfestigkeit aufgrund einer "Einimpfung" der Mikrostruktur mit 1 Mikrometer C-S-H Partikeln wird in Abbildung 2 gezeigt.

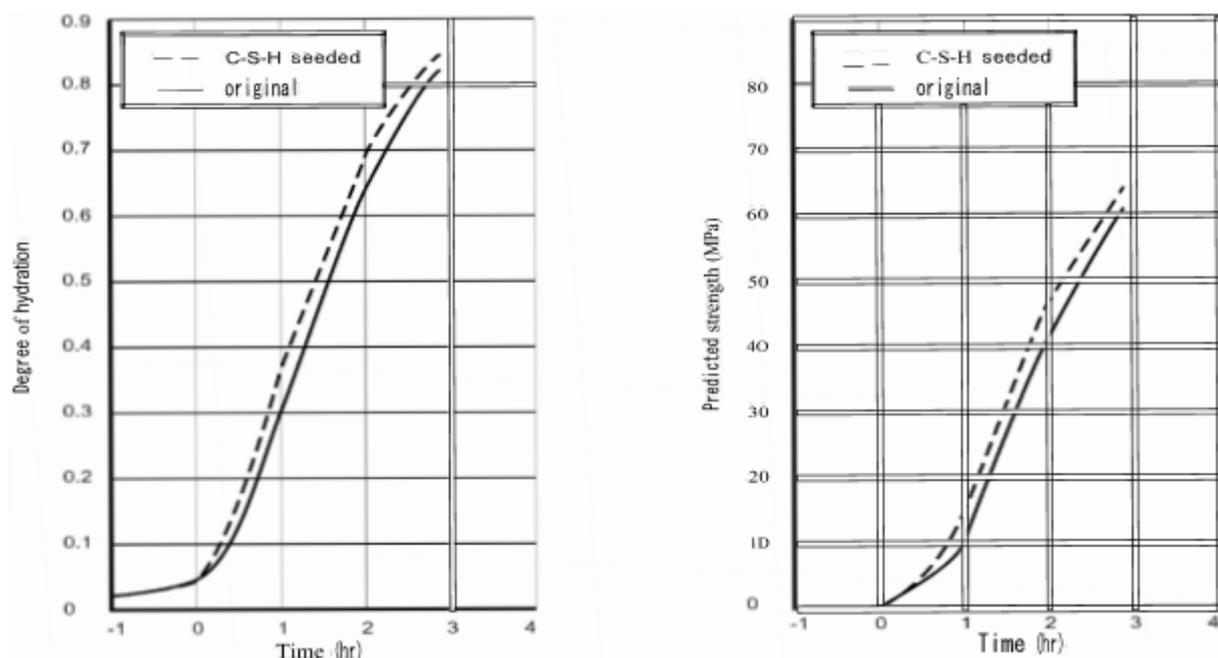


Abb. 2: Die prognostizierte Zunahme der Hydratation und Druckfestigkeit aufgrund von "Induzierter Kristallisationskern (Seeding)" der Mikrostruktur mit 1 Mikrometer C-S-H Partikeln wird obenstehend abgebildet (3). Durchgehende Linie ohne Induzierung und gepunktete Linie mit Einimpfen ($w/c = 0,40$).

Auswirkungen von LIQUID X Zusatzmittel auf die Eigenschaften von Frisch- und Festbeton

Basierend auf den unabhängigen Prüflabors und Prüfagenturen der Basisinformationen lauten die Auswirkungen des LIQUID X Zusatzmittels auf die Eigenschaften von Frisch- und Festbeton wie folgt:

1. Eigenschaften von Frischbeton:

1.1 Härtungsdauer:

Begrenzte Daten zeigen, dass anfängliche und endgültige Härtezeiten leicht reduziert sind.

1.2 Setzmaß und Luftgehalt:

Keine deutliche Auswirkung auf das Setzmaß, der Luftgehalt weist jedoch höhere Werte um ca. 1% auf.

1.3 Hydrationswärme:

Basierend auf begrenzten Prüfungen beträgt die Hydrationswärme von LIQUID X Beton, gemessen in Kal/g, ca. 10% weniger als im Kontrollbeton.

2. Mechanische Eigenschaften von gehärteten Beton:

2.1 Druckfestigkeit:

Basierend auf der Mehrheit der Prüfungen in den Basisinformationen liegt die **Druckfestigkeit von LIQUID X Beton allgemein ca. 5% höher** als beim Kontrollbeton.

2.2 Biegefestigkeit:

Keine deutliche Zunahme bei 3, 7 und 28 Tagen der Biegefestigkeit von LIQUID X Beton im Vergleich zum Kontrollbeton, es liegen jedoch keine Beweise in den Basisinformationen zu einer Abnahme der Biegefestigkeit vor.

2.3 Trocknungsschrumpfung (ASTM C 157):

Die Basisinformationen weisen darauf hin, dass eine **deutliche Reduktion der Trocknungsschrumpfung (ca. 25%) von LIQUID X Beton** im Vergleich zum Kontrollbeton auftritt.

2.4 Youngscher Modulus zu Elastizität und Kriechen:

Es gibt keine Vergleichsdaten in den Basisinformationen für LIQUID X Beton und Kontrollbeton.

3. Haltbarkeitseigenschaften von ausgehärtetem Beton:

3.1 Kapillare Wasseraufnahme:

Basierend auf den vorliegenden Daten wie folgt, kapillare Wasseraufnahme von Betonprimen, 1,5 x 1,5 x 6 Zoll, vertikal in Wasser plaziert, beträgt 48% des Kontrollbetons bei 0,5 Zoll Eintauchen und 44% des Kontrollbetons bei 5,5 Zoll Eintauchen.

3.2 Beständigkeit von LIQUID X Beton gegenüber wiederholten Zyklen aus Frost und Tauen (AASHTO Designation: T-161 Prozedur A):

Die Basisinformationen geben an, dass **LIQUID X Beton** eine zufriedenstellendere Leistung als der Kontrollbeton aufweist, bei Aussetzung gegenüber 300 Zyklen aus Frost und Tauen in Wasser mit einem **Haltbarkeitsfaktor von mehr als 100%** des Kontrollbetons.

3.3 Durchlässigkeit von LIQUID X Beton:

In einer direkten Wasserdurchlässigkeitsprüfung (CRD-C 48 (modifiziert)) wurde die **Penetrationstiefe von Wasser um durchschnittlich 84% reduziert**, das Betonvolumen, das durch Wasser penetriert wurde, um mehr als 98% (Abb. 3). Dies erklärt mehr als jegliche andere Prüfungen warum LIQUID X Beton seine Funktion ausführt.

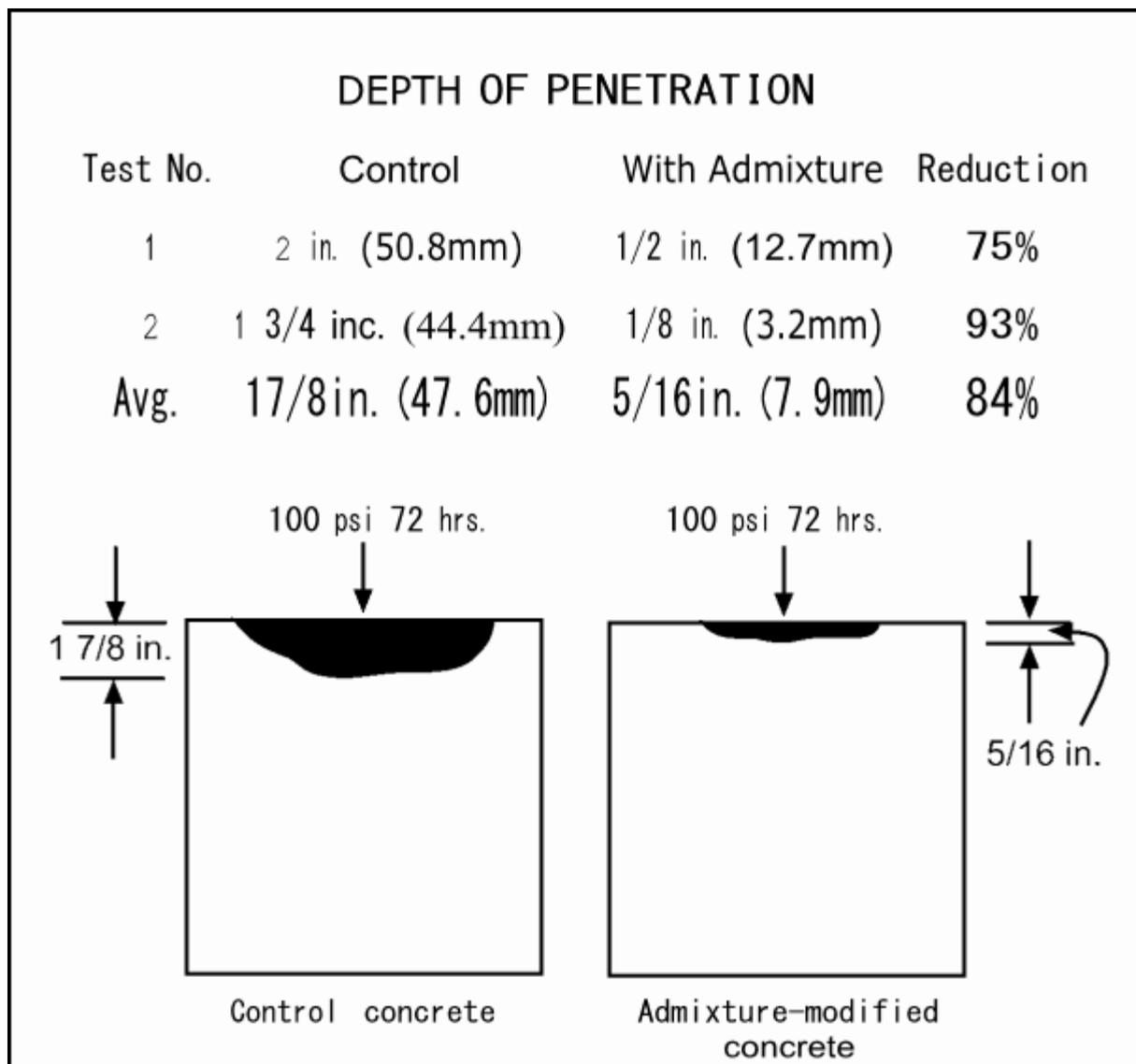


Abb. 3: Wasserdurchlässigkeitsprüfung Nr. 1: CRD-C 48 (modifiziert) Methode zur Prüfung auf Wasserdurchlässigkeit von Beton.

3.4 Widerstand gegenüber Penetration von Chloridionen in LIQUID X Beton mittels Tauchprüfung (Ponding Test):

Tauchprüfungen (AASHTO T 259 und T 260) wurden zur Bestimmung des Widerstandes von LIQUID X Beton gegenüber der Penetration von Chloridionen durchgeführt. Die Prüfungsergebnisse in Abb. 4 bestätigen die hohe Beständigkeit von LIQUID X Beton gegenüber dem Eindringen von Chloridionen im Vergleich zum Kontrollbeton.

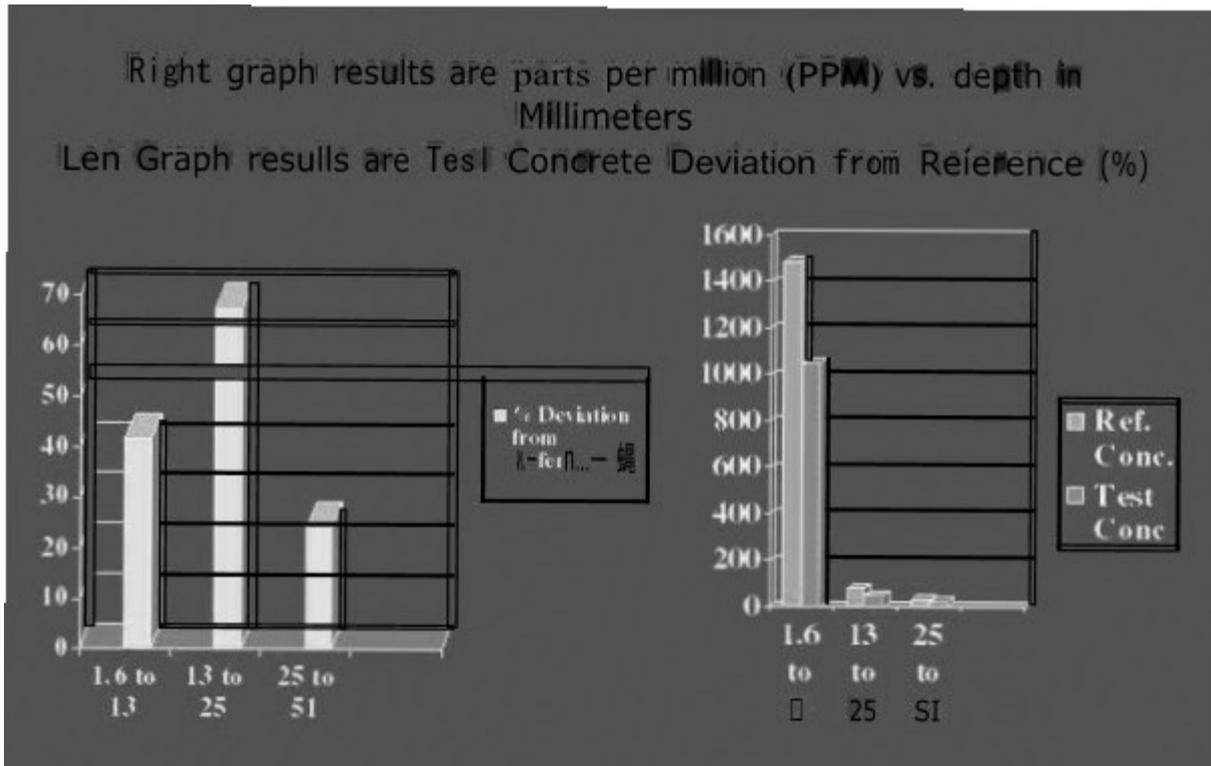


Abb. 4: Vergleichsdaten zur Penetration von Chloridionen in LIQUID X Beton und Kontrollbeton.

Fallhistorien

LIQUID X wird durch P-T seit mehr als 50 Jahren gefertigt und vermarktet. Während dieser Zeit wurden unzählige Referenzobjekte mit LIQUID X Beton ausgeführt.

Für dieses Gutachten hat P-T eine Liste von 18 Projekten bereitgestellt, wo LIQUID X als Zusatzmittel für Beton verwendet wurden. Das erste aufgelistete Projekt von 1972 beschreibt Beton für die Reparatur am Stadion der University of Michigan.

Ein jüngeres Projekt aus 2002, beschreibt die 1-35 Highway-Brücke über den Fluss Chickaskia, Kay County, Oklahoma.

Eine der besser dokumentierten Fallhistorien sind die Pennsylvania Autobahnbrücken, errichtet 1973-1974. Unabhängige Inspektionen der Brücken 1991 und erneut 1998 zeigen, dass sich die Betondecke mit LIQUID X Zusatzstoff im Vergleich zu den Kontrollbetondecken in einem guten Zustand befindet. Letzterer Fall wies beträchtliche Risse, Bindemittelabbau und Abplatzen auf. Sichtprüfungen wurden durch detaillierte Laborprüfungen durch das Pennsylvania Transportation Institute (2) bestätigt. Die 25-jährigen Leistungsaufzeichnungen von 1998 zum LIQUID X Beton sprechen für die Wirksamkeit des Zusatzstoffes zur Verbesserung der Brückenbeständigkeit gegenüber Korrosion und Salzeindringen, wodurch deren Lebensdauer erhöht wird. **Unter Berücksichtigung der oben genannten Leistungsaufzeichnung besitzt der Zusatzstoff ein großes Potential zur Erhöhung der Lebensdauer von Betonbauten, die aggressiven Salzen ausgesetzt sind.**

Eine weitere Fallhistorie sind die Parkgaragen C und D vom Philadelphia International Airport. 1976 wurde LIQUID X zur Wasserdichtung der Decken verwendet, (1.100.000 Quadratfuß) um Chloride abzuhalten und die Lebensdauer zu erhöhen. Nach 20 Jahren befindet sich der Betonüberzug noch immer in einem guten Zustand (4). 1990 wurden die oben genannten Zusatzstoffe erneut bei allen Betonüberzügen der zwei zusätzlichen Garagen verwendet (756.000 Quadratfuß). Der Erfolg von LIQUID X in den Flughafengaragen von 1976 und 1990 führte zur erneuten Verwendung von LIQUID X in drei neuen Garagen: E, F und 1 (1.500.000 Quadratfuß), in 2001-2002 errichtet.

Angemessenheit von Marketinginformationen und Technischen Broschüren

Die Marketinginformationen von P-T erscheinen angemessen, und die Technischen Broschüren sind gutgeschrieben und bieten nützliche Daten.

Kompatibilitätsprobleme

Eine Überprüfung der Technischen Daten von P-T zeigt, dass es keine Kompatibilitätsprobleme gibt, wenn LIQUID X in Beton mit Mineralzusatzstoffen oder anderen chemischen Zusatzstoffen, z.B. Luftbildner und Wasserreduzierer, verwendet wird.

ERGEBNISSE

LIQUID X ist ein Zusatzmittel auf Basis von Erdalkalisilikaten für den Einsatz in bewehrten Beton zur Verbesserung der Haltbarkeitseigenschaften hinsichtlich Durchlässigkeit, Wasserdichtigkeit und Stahlarmierungskorrosionsschutz.

Die Basisinformationen und andere relevante Dokumente und wissenschaftliche Unterlagen von IPA bieten angemessene und gute Technische Daten zur Unterstützung der Ansprüche, dass **LIQUID X in Beton die Durchlässigkeit von Beton durch Modifizierung der Mikrostruktur erheblich reduziert und der Beton somit praktisch wasserdicht wird.**

Dies führt wiederum zu einer **beträchtlichen Reduktion der Penetration von Chloridionen in bewehrten Beton und bietet somit einen Schutz gegen Korrosion von Stahlarmierungen.**

Außerdem kann der elektrochemische Korrosionsprozess ohne Verfügbarkeit von Wasser an der kathodischen Seite nicht auftreten.

Dies führt zu einer erhöhten Lebensdauer von Betonbauten.

Die 25-jährigen Leistungsaufzeichnungen von 1998 zu Beton mit LIQUID X in einer Pennsylvania Autobahnbrückendecke **zeugen von der Wirksamkeit von LIQUID X zum Schutz vor Armierungskorrosion in Betonbauten.**

Die einachsige Wasserdurchlässigkeitsprüfung unter einem Druck von 100 Psi und die AASHTO Tauchprüfung (AASHTO T 259 und T 260) zur Bestimmung der Eindringintensität von Chloridionen in Beton werden als angemessene Prüfungen zur Bestimmung der Durchlässigkeit von LIQUID X Beton angesehen.

Es bestehen keine Kompatibilitätsprobleme beim Einsatz von LIQUID X Beton mit anderen Chemikalien und Mineralmischungen.

Der Einsatz von LIQUID X in Beton zur Expansionsreduktion verursacht durch Alkali-Silika-Reaktionen basiert auf begrenzten Daten. Da Alkalisilikation Feuchtigkeit benötigt, wird der Einsatz von LIQUID X die Expansion aufgrund oben genannter Reaktionen reduzieren.