



Doctoral Thesis

Hygrische Eigenschaften von Polymerbeton im Vergleich mit porösen mineralischen Werkstoffen des Bauwesens

Author(s):

Weimann, Martin Bernhard

Publication Date:

2001

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004129642> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 14029

**Hygrische Eigenschaften von Polymerbeton
im Vergleich
mit porösen mineralischen Werkstoffen
des Bauwesens**

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

Martin Bernhard Weimann
Dipl.-Ing., Technische Universität Berlin
geboren am: 16. Oktober 1962
von: Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E.h. F.H. Wittmann, Referent
Prof. Dr.-Ing. H.R. Sasse, Korreferent
Dipl.-Bau-Ing. ETH P. Flüeler, Korreferent

Zürich 2001

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die grundlegenden Mechanismen der Feuchtigkeitsaufnahme von Ziegelstein, von zementgebundenem Beton und von polymergebundenem Beton erläutert. Hierbei ist die Porengrößenverteilung der mineralischen Werkstoffe von entscheidender Bedeutung. Bei polymergebundenem Beton liegt kein offenes Porengefüge vor, so dass die Feuchtigkeit durch die polymere Matrix in die Poren diffundiert. Bei zementgebundenem Beton und beim Ziegelstein liegt ein offenes Porengefüge vor. Hier erfolgt die Aufnahme von Feuchtigkeit durch Adsorption an den inneren Oberflächen bzw. durch Kapillarkondensation und kapillares Saugen. Die mit der Aufnahme von Feuchtigkeit verbundene Reduktion der Oberflächenenergie bei den porösen, anorganischen Werkstoffen Ziegelstein und zementgebundener Beton wird erläutert. Die Änderung der Oberflächenenergie resultiert in einer hygrischen Verformung dieser Werkstoffe. Bei dem nicht porösen, polymergebundenen Beton diffundieren die Wassermoleküle in das Gefüge des polymeren Bindemittels und werden an reaktiven Gruppen der Makromoleküle adsorbiert. Dieser Vorgang wird als Solvation bezeichnet. Aufgrund des Eindiffundierens der Wassermoleküle in den Werkstoff entsteht ein osmotischer Druck. Aufgrund des osmotischen Drucks werden Nebervalenzbindungen des polymeren Bindemittels gelöst. Dies bewirkt eine hygrische Verformung des Werkstoffes. Sind die reaktiven Gruppen des polymeren Bindemittels mit Wassermolekülen gesättigt, führt eine weitere Zunahme der Wassermenge im Werkstoff aufgrund der Kohäsionskräfte der Wassermoleküle untereinander zur Clusterbildung der Wassermoleküle.

Auf die hygrische Verformung wurde in einem eigenen Kapitel eingegangen. Dabei wird der Einfluss der Eigenspannungen auf die Ermittlung der hygrischen Verformungen erläutert.

Der Transport der Feuchtigkeit in die Werkstoffe wurde mit Hilfe eines feuchteabhängigen Diffusionskoeffizienten beschrieben. Auf die Berechnung des feuchteabhängigen Diffusionskoeffizienten aus den zeitabhängigen Trocknungs- und Befeuchtungsverläufen bei unterschiedlichen Trocknungs- und Befeuchtungsstufen wurde eingegangen.

Nach der Darstellung der Mechanismen der Feuchtigkeitsaufnahme wurde in den nachfolgenden Kapiteln die experimentelle Ermittlung der Wasseraufnahmekoeffizienten, die experimentelle Ermittlung der Sorptionsisothermen, sowie die Ermittlung der hygrischen Längenausdehnungskoeffizienten für die untersuchten Werkstoffe beschrieben.

Auf die Probenherstellung, den Versuchsaufbau, die Versuchsdurchführung sowie die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen wurde in einem eigenen Kapitel eingegangen.

Bei der Diskussion der Ergebnisse wurden die hygrischen Eigenschaften des polymergebundenen Betons diskutiert und verglichen mit den hygrischen Eigenschaften des Ziegelsteins und des zementgebundenen Betons.

Im Anschluss daran wurde ein Modell entwickelt, mit dem die Sorptionsisotherme des polymergebundenen Betons dargestellt werden kann. Es hat sich gezeigt, dass bis zu einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60% die Sorptionsisotherme des polymergebundenen Betons mit Hilfe der Dualsorptionstheorie beschrieben werden

kann. Die Parameter des Dualsorptionsmodells wurden für die untersuchten polymergebundenen Betone berechnet. Bei relativen Luftfeuchtigkeiten von mehr als 60% kommt es zur Clusterbildung der Wassermoleküle. Dies führt zu einer Abweichung der Sorptionsisotherme vom Dualsorptionsmodell. Mit Hilfe einer Clusterfunktion wurden die durchschnittliche Anzahl von Molekülen in einem Cluster als Funktion der relativen Luftfeuchtigkeit berechnet.

Zur Berechnung der hygrischen Verformungen, die sich aufgrund der Feuchteaufnahme ergeben, wurde eine mathematische Funktion vorgestellt. Die mathematische Funktion erlaubt es, aus den hygrischen Endverformungen des polymeren Bindemittels die hygrischen Endverformungen der polymergebundenen Betone für unterschiedliche Volumengehalte an polymerem Bindemittel zu berechnen.

Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass es nicht möglich ist, aus den Werkstoffkenngrößen der Komponenten des Verbundwerkstoffes und dem Volumengehalt der Komponenten im Verbundwerkstoff auf die Werkstoffkenngrößen des Verbundwerkstoffes zu schliessen. Dies ist begründet in der Tatsache, dass das reine polymere Bindemittel gegenüber der polymeren Bindemittelmatrix, wie sie im Verbundwerkstoff vorliegt, ein geändertes Gefüge hat.

Mit den bekannten hygrischen Endverformungen, den bekannten Sorptionsisothermen und den ebenfalls bekannten konzentrationsabhängigen Diffusionskoeffizienten der polymergebundenen Betone ist es möglich, die hygrischen Endverformungen für Bauteile aus polymergebundenem Beton zu berechnen.

Abstract

This thesis deals with the mechanisms of moisture uptake of brick, concrete and polymer concrete. The pore size distribution of the investigated materials is the key to understand the different mechanisms of moisture uptake. The polymer concrete has a closed pore structure. This means, that the moisture goes by diffusion through the material. The brick and the concrete have an open pore structure. The moisture uptake follows by adsorption on the pore surfaces and by capillary suction. The moisture on the surfaces of the pores leads to a reduction of the surface energy. The change of the surface energy causes a hygral deformation of the materials. The polymer concrete adsorbs the moisture on functional groups. This is called a solvation process. The moisture uptake leads to an osmotic pressure. The osmotic pressure leads to a rupture of a finite number of van der Waals bonds of the polymeric binder. This causes a hygral deformation of the composite material. If all functional groups are reserved by moisture a further uptake of moisture causes clusters of water molecules.

The hygral deformations are discussed in a separate chapter. The influence of the eigenstresses on the hygral deformations are also a subject of discussions.

The transport of moisture in the investigated materials is described by a concentration dependent diffusion coefficient. The calculation of the concentration from drying and wetting curves is a further subject of discussion.

After the mechanisms of moisture uptake are discussed the experimental investigations for the determination of the coefficient of water absorption, the experimental determination of the sorption isotherm and the determination of the coefficient of hygral deformation are a subject of discussion.

The production of the specimens for the experimental investigations, the construction for the experimental investigations and the realization of the investigations have their own chapter.

The chapter that deals with the discussion of the experimental results compares the results of the polymer concrete with the brick and the concrete.

In the following chapter a model has been developed which allows to describe the sorption isotherm of the polymer concrete. It has been shown that up to a relative humidity of 60% the sorption isotherm can be described with the dual sorption theory. The parameters for the dual sorption theory have been calculated. Relative humidities greater than 60% lead to a divergence from the description of the sorption isotherm with the dual sorption theory. It has been shown that a cluster model allows to describe the progress of the sorption isotherm. The average value of water molecules in a cluster has been calculated with a cluster function.

A further result of the investigations is that the hygral deformation of the polymer concrete can be calculated with a mathematical function.

It has also been shown that the structure of the pure polymer binder has changed in the polymeric matrix of the composite material. This means that it is not possible to calculate with the material properties of the components of the composite material and the volume content of the components of the composite material the material behaviour of the composite material in a realistic way.

With the known hygral deformation, the known sorption isotherm and the known concentration depend coefficient of diffusion of the polymer concrete is it possible to calculated the hygral deformation of the construction of polymer concrete.