

## Kurzdarstellung

Ein großes Spektrum unterschiedlicher Betonwaren und Betonteile wird in Produktionsverfahren mit sofortiger Entschalung hergestellt. Die Grundlage hierfür sind erdfeuchte Betone, die unmittelbar nach dem Verdichten in der Lage sind, den Prozess der Entschalung ohne Schäden wie z.B. Ausbrüche und Risse zu überstehen und anschließend formstabil zu erhärten. Weil in dieser sehr frühen Phase noch keine Festigkeit durch die Hydratation des Zementes entwickelt werden kann, muss alleine durch Haftkräfte zwischen den Feststoffen wie z.B. Zement, Flugasche, Sand und Kies eine ausreichende Standfestigkeit der frischen Betonteile erreicht werden. Das Verarbeitungsverhalten erdfeuchter Betone kann mit bisherigen Konsistenzmessverfahren in einem für die Produktion aussagekräftigem Unterscheidungsbereich nicht gemessen und verglichen werden.

In der vorliegenden Arbeit erfolgte eine umfangreiche theoretische Analyse der Haftkräfte zwischen feinen Feststoffpartikeln. Diese Größenklasse besteht aus Zement und Zusatzstoffen und ist maßgebend für die Übertragung von Haftkräften auf gröbere Fraktionen. Es zeigte sich, dass die Haftkraft zwischen Partikeln Anteile enthält, die aus Kräften aus adsorbierten Wasserfilmen, Flüssigkeitsbrücken, Van-der-Waals-Kräften, plastischen Van-der-Waals-Kräften sowie Reibung und Verzahnung besteht. Dabei werden die einzelnen Komponenten stark beeinflusst von den Rauigkeiten auf den Partikeloberflächen, der Partikelform und dem Wassergehalt. Es zeigte sich, dass alle Komponenten zahlenmäßige Anteile an der Gesamthaftkraft haben. Eine rechnerische Prognose über die zu erwartenden Zugspannungen in einer feuchten Partikelmatrix wie erdfeuchtem Zementleim ist bislang nicht möglich, weil zu wenige exakte Informationen auf der Ebene der Partikelformen und der Oberflächenbeschaffenheiten vorliegen und hierdurch die Haftkräfte über mehrere Größenordnungen hinweg beeinflusst werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein geeignetes Prüfverfahren entwickelt, mit dem Unterschiede in erdfeuchten Zementleimen dadurch ermittelt werden können, dass die zentrische Zugkraft innerhalb der Leime gemessen werden kann, ebenso wie der Dehnweg, der für den Zugbruch aufgebracht werden muss.

Die durchgeführten Versuche an Zementleimen mit verschiedenen Ausgangsstoffen und w/z-Werten zeigten, dass Unterschiede der Zugdehnung vorhanden sind und gemessen werden können. Auch Zusammensetzungen, die optisch nicht unterschieden werden können, verhalten sich während der Prüfung erkennbar anders in der Höhe der Zugkraft und/oder in ihrem Dehnungsverhalten. Die Prüfung an erdfeuchtem Beton mit 8 mm Größtkorn ergab ebenfalls erkennbare Unterschiede in den Verläufen der Zugdehnungskurven. Die in dieser Arbeit aufgezeigten Ergebnisse können als Grundlage dienen, um eine Optimierung zukünftiger Rezepturen zu ermöglichen.

Mit dem entwickelten und verwendeten Prüfverfahren steht eine Methode zur Verfügung, mit der durch praktische, kleinskalierte Versuche Unterschiede in dem Zugdehnungsverhalten erdfeuchter Leimgemische und erdfeuchter Betone identifiziert werden können. Es ist daher grundsätzlich dafür geeignet, die werkseigene Produktionskontrolle während der laufenden Herstellung erdfeuchter Betonteile zu ergänzen und bei der Entwicklung neuer Betonrezepturen eingesetzt zu werden.

## Abstract

A wide range of different precast concrete products is manufactured by dry cast production process with immediate demoulding. Therefore so called dry cast, zero-slump or negative-slump concretes are used. In this case, the freshly compacted products are able to undergo the demolding procedure without sustaining any forms of damage, e.g. pop-outs or cracks, and to maintain their geometrical behavior until hardening is achieved. Given the lack of hydration-mediated strength development in the cement at such early stages, achievement of sufficient stability in such concrete-based elements is solely limited to the adhesive forces between the solids, e.g. cement, fly ash, sand and gravel. To this day, there is no available method for the measurement of workability and consistency of zero-slump concretes that can provide proper information on their behavior throughout the casting process.

Hence, comparative investigation of the characteristics of different types of concrete has hitherto remained elusive. In line with such need, the current work has sought to provide a detailed theoretical analysis of the adhesion forces among fine particles of less than 100  $\mu\text{m}$ . This fraction mainly includes cement and other additive materials, and is most influential for the transmission of adhesion forces to coarser fractions. The current study found the intraparticulate adhesion to comprise a plethora of different forces such as those resulted from the adsorbed water layers, liquid bridge bindings, Van-der-Waals forces, plastic Van-der-Waals forces, friction and interlocking. The individual components were thus shown to be strongly influenced by the roughness of the particle surface and particle shape as well as the concrete's water content. The findings also indicated that all components have numerical shares in the total adhesion. Obviously, the main challenge that has thus far hindered the arithmetical prediction of the expected tensile strains in a moist particle matrix such as zero-slump cement slurry is the lack of exact information on the interparticulate level, e.g. the shape and surface texture of the particles, which can affect the adhesion forces over several orders of magnitude.

Within the current study, a suitable testing procedure was developed, enabling the detection of differences in zero-slump cement pastes by measuring the tensile force-strain behavior.

Experimental work on cement pastes with various starting materials and water to cement ratios confirmed the existence and measurability of differences in the tensile strain. It also became evident that even optically indistinguishable compositions behave differently during the testing procedure in terms of the tensile force and/ or the expansion behavior. Similarly, experimentation on zero-slump concrete with 8 mm coarse gravel could successfully detect noticeable changes in graphs of tensile force-strain behavior. Accordingly, the results of the present work can build a solid basis for the future optimization of zero-slump formulae. This developed and validated testing procedure can suitably facilitate making simple and small-scaled investigations on zero-slump cement pastes and concretes immediately after mixing in order to reliably identify the composition-mediated differences, e.g. those arising from the type of cements and additives as well as differences in water to cement ratio.

Therefore, the developed method can serve as a valuable tool both to supplement factory production control of the industrial manufacturing of zero-slump concrete elements, and the development of new concrete recipes e.g. when changing any kind of raw materials.