



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών
Επιστημών και
Διαχείρισης
Περιβάλλοντος

Πτυχιακή εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΡΕΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΠΟΛΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ**

Αμαλία Ιωάννου

Λεμεσός, Μάιος, 4^ο Έτος ολοκλήρωσης πτυχιακής

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΡΕΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΠΟΛΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

της

Αμαλία Ιωάννου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Πάυλος Στεφάνου

Λεμεσός, Μάιος, 4^ο έτος ολοκλήρωσης πτυχιακής

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Αμαλία Ιωάννου, 4^ο έτος ολοκλήρωσης πτυχιακής

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Χημικών Μηχανικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας Πτυχιακής, τον κ. Παύλο Στεφάνου για την καθοδήγηση και την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, καθώς και για την υπόδειξη της κατάλληλης μεθοδικότητας για την πραγματοποίηση της έρευνας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και το γύρω μου φιλικό περιβάλλον για τη στήριξη τους σε όλη τη διαδρομή κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αδιαμφισβήτητα, ο τσιμέντος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα υλικά της οικοδομικής βιομηχανίας. Για την αποτελεσματική χρήση του, είναι ιδιαίτερα σημαντική η κατανόηση της αναστρέψιμης και μη αναστρέψιμης ρεολογικής συμπεριφοράς του πολτού του. Κατά την ανάμειξη τσιμέντου με νερό λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις υδρόλυσης: αρχικά, δημιουργείται ένα εναιώρημα, ενώ με την πρόοδο των αντιδράσεων, ο πολτός τσιμέντου σταδιακά στερεοποιείται, καθιστώντας μια καινούρια μη αναστρέψιμη δομή. Το ιξώδες του μίγματος αρχικά μειώνεται με τον χρόνο, ενώ σε μεγάλους χρόνους αυξάνεται λόγω της δημιουργίας της νέας δομής. Στην παρούσα εργασία, εισάγουμε ένα μαθηματικό μοντέλο για την πρόβλεψη της ρεολογικής απόκρισης του πολτού του τσιμέντου. Προς τούτο, θα χρησιμοποιήσουμε τον φορμαλισμό Γενικευμένων αγκυλών της εκτός ισορροπίας θερμοδυναμικής ώστε το καταστατικό μοντέλο να είναι, από κατασκευής του, συμβατό με τους νόμους της. Προς τούτο, υιοθετούμε δύο βαθμωτές δομικές μεταβλητές: μια αντιστρεπτή, λ_{rev} , που χαρακτηρίζει τον βαθμό πληρότητας της αντιστρεπτής δομής (δηλαδή αυτής που είναι υπεύθυνη για την πρόβλεψη της τάσης διαρροής, και που υπό την επίδραση του ροϊκού πεδίου καταστρέφεται), και μια αναντίστρεπτη, λ_{irr} , που χαρακτηρίζει τον βαθμό πληρότητας της αναντίστρεπτης δομής που προκύπτει ως αποτέλεσμα των αντιδράσεων υδρόλυσης. Επίσης, υιοθετούμε μια τανυστική δομική μεταβλητή, τον τανυστή διαμόρφωσης c , για τον χαρακτηρισμό της παραμόρφωσης της σύνθετης δομής, όπου κάθε ξεχωριστό τμήμα μοντελοποιείται ως ένας ελαστικός αλτήρας που δύναται να προσκολληθεί, είτε αντιστρεπτά είτε αναντίστρεπτα, στο δημιουργηθέν δίκτυο. Οι προβλέψεις του νέου μοντέλου συγκρίνονται αρκετά καλά με διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα.

Λέξεις κλειδιά: τσιμέντος, πολτός τσιμέντου ή τσιμεντόπαστα, ιξώδες, αντιδράσεις υδρόλυσης, εκτός ισορροπία θερμοδυναμική

ABSTRACT

Undeniably, cement is one of the most important materials in the construction industry. For its effective use, it is particularly important to understand the reversible and irreversible rheological behavior of its slurry. When cement is mixed with water, hydrolysis reactions take place; initially a suspension is formed, and as the reactions progress, the cement slurry gradually solidifies, forming a new irreversible structure. In the present work, we introduce a mathematical model for predicting the rheological response of cement slurry. To this end, we will use the formalization of Generalized brackets of non-equilibrium thermodynamics so that the constitutive model is, by construction, compatible with its laws. To this end, we adopt two gradients of structural variables: a reversible, λ_{rev} , which characterizes the degree of fullness of the reversible structure (i.e., is the one responsible for predicting the yield stress, and which is destroyed by the flow field), and an irreversible one, λ_{irr} , which characterizes the degree of fullness of the irreversible structure resulting from the hydrolysis reactions. We also adopt a tensorial structural variable, the conformation tensor \mathbf{c} , to characterize the deformation of the composite structure, where each individual section is modeled as an elastic dumbbell that can be attached, either reversible or irreversible, to the underlying network. The predictions of the new model compare quite well with the available experimental data.

Keywords: cement, cement slurry or cement paste, viscosity, hydrolysis reactions, out of balance thermodynamics