

résumés — abstracts

MODÉLISATION DE LA PERMÉABILITÉ EN FONCTION DE LA MICROSTRUCTURE D'UN MATÉRIAUX CIMENTAIRE

Fabien GENDRON, Philippe TURCRY, Jérôme LUX, Ameur HAMAMI, Abdelkarim AÏT-MOKHTAR

La perméabilité est un des indicateurs de la durabilité des bétons et sa prédiction est conditionnée par le choix d'une description de la microstructure à partir d'un modèle et/ou de paramètres structuraux pertinents. Dans le présent article, l'influence de deux modèles de microstructure sur les valeurs de la perméabilité de pâtes de ciment de différents rapports E/C est étudiée et les résultats sont comparés à des données expérimentales. Le premier modèle s'appuie sur une approche numérique de génération d'un matériau cimentaire à partir de son hydratation en utilisant le logiciel CemHyd3D du NIST, permettant d'accéder à la structure discrétisée de la pâte de ciment. La perméabilité est calculée par résolution numérique directe des équations de Stokes dans un volume représentatif. Dans un second modèle, la porosité et la distribution de taille des rayons d'accès obtenues par porosimétrie au mercure sont exploitées afin de modéliser la structure sous forme d'un réseau de capillaires interconnectés. L'application de la conservation de la masse en chaque nœud du réseau permet ensuite de calculer le débit au travers du réseau et d'en déduire une perméabilité équivalente. Bien que du même ordre de grandeur que les valeurs expérimentales de perméabilité au gaz, les résultats montrent clairement les limitations des deux approches choisies et pose la question fondamentale de la capacité des modèles à tenir compte correctement de la géométrie de la microstructure des matériaux cimentaires et, en particulier, de l'aspect multi-échelles de leur porosité réelle.

MODELLING OF THE PERMEABILITY ACCORDING TO THE MICROSTRUCTURE OF CEMENTITIOUS MATERIAL

The permeability is one of the durability indicators of concrete. The prediction of the permeability depends on the choice of the porous medium description from a model and/or relevant structural parameters. In the present article, the influence of two microstructure models on the permeability values of cement pastes with various W/C is studied and the results are compared with experimental data. In the first chosen model, the permeability is calculated by direct numerical resolution of the Stokes equations in a representative volume created with CemHyd3D software of the NIST. In a second model, the permeability is calculated with the pore size distribution obtained by mercury intrusion. Although being in the same order of magnitude as the experimental gas permeability, the results highlight the limitations of both chosen approaches and ask the fundamental question of the models capacity to take into account correctly the geometry of cementitious materials microstructure and, in particular, the multi-scales aspect of their real porosity.

INFLUENCE DE LA FORMULATION DU BÉTON LORS DE SA MISE EN PLACE DANS LES COFFRAGES

S. BOUHAROUN, C. DJELAL-DANTEC, Y. VANHOVE, I. DUBOIS

Le béton frais est caractérisé par son ouvrabilité. Cette propriété particulière, constitue un atout majeur du matériau en terme de mise en œuvre. Une bonne ouvrabilité du béton diminue les risques de malfaçon et améliore la qualité finale de l'ouvrage. L'ouvrabilité d'un béton est fortement liée au volume de pâte de celui-ci. La pâte est un élément unique et actif du béton enrobant les granulats et remplissant les vides existant dans le squelette granulaire. La pâte joue le rôle de lubrifiant. Cependant le mouvement des granulats est limité par les forces de frottement intergranulaire et par les forces de frottement béton/paroi des coffrages ou des tuyaux lors des pompes. L'objectif de cette étude est de comprendre l'influence de la formulation du béton sur les mécanismes intervenant à l'interface béton/coffrage, au cours de sa mise en œuvre dans les coffrages. Des essais de frottement ont été effectués à l'aide d'un tribomètre plan/plan. Quatre bétons ordinaires avec un volume de pâte de 28 %, 30 %, 32 %, 34%, deux bétons avec adjuvant et un béton autoplâtant ont été étudiés. L'analyse des résultats montre que l'augmentation de la contrainte de frottement à l'interface béton/coffrage, dépend du volume de pâte et de la quantité de superplastifiant présent dans le béton. Des hypothèses sont proposées pour expliquer les différents mécanismes se déroulant à l'interface béton/coffrage.

INFLUENCE OF CONCRETE FORMULATION DURING ITS CASTING PROCESS IN THE FORMWORK

The fresh concrete is characterized by its workability. This particular property is a major advantage of the material in terms of implementation. Good workability of concrete reduces the risk of defect and improves the final quality of the construction. Concrete workability is strongly linked to the paste volume. The paste is a unique and active concrete element distributed around aggregates and filling voids in the granular skeleton. The paste acts as a lubricant. However the movement of aggregates is limited by forces of intergranular friction and by friction forces between the concrete and the formwork wall or in pipes during pumping. The objective of this study is to understand the influence of the formulation of concrete on the mechanisms involved at the concrete/formwork interface during its implementation in the formwork. Friction tests were carried out using a tribometer plan/plan. Four ordinary concretes with a different volume of paste 28%, 30%, 32%, 34%, two concretes with admixtures and self-compacting concrete have been studied. The analysis results show that the increasing of the frictional stress at the concrete/formwork interface depends on the volume of paste and the quantity of superplasticizer in the concrete. Hypotheses are proposed to explain mechanisms occurring at the concrete/formwork interface.

EFFETS D'UN AGENT RÉDUCTEUR DE RETRAIT SUR LA MICROSTRUCTURE ET LES DÉFORMATIONS LIBRES DES BÉTONS

Jacqueline SALIBA, Emmanuel ROZIÈRE,
Frédéric GRONDIN, Ahmed LOUKILI

Les ouvrages du génie civil sont victimes dès le jeune âge du béton de l'apparition de microfissures dues aux phénomènes de retrait de la pâte de ciment. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet d'un agent réducteur de retrait, sous forme d'adjuvant, sur les déformations libres du béton. Ainsi trois axes ont été suivis : le retrait plastique, le retrait du béton durci, ainsi que l'analyse des propriétés mécaniques. Les essais ont été réalisés sur deux formulations ayant deux rapports eau sur ciment (E/C) différents : 0,65 et 0,43. L'effet de l'adjuvant a été étudié en l'ajoutant au béton à hauteur de 1 % en masse du liant tout en conservant les autres paramètres de composition constants. L'amplitude du retrait de dessiccation est diminuée de 57 % après 7 jours de durcissement pour le béton ayant un E/C=0,65 et 31 % pour le béton avec E/C=0,43 à la même échéance. A l'âge de trois mois, cette différence diminue à 33 % et 25 % pour les deux bétons respectivement. En effet, une légère augmentation de la porosité totale du béton a été mesurée, ainsi qu'une diminution du pourcentage de pores les plus larges de diamètre compris entre 0,3 et 1 μ m. Ces pores étant les premiers exposés à la dessiccation, cette modification du réseau poreux peut expliquer la diminution du retrait du béton durci.

INFLUENCE OF SHRINKAGE-REDUCING ADMIXTURE ON MICROSTRUCTURE AND FREE SHRINKAGE OF CONCRETE

The use of shrinkage reducing admixture (SRA) has been suggested to improve concrete performance in terms of lower risk of cracking related to drying shrinkage. In this paper, the influence of SRA on plastic shrinkage, long term shrinkage, mechanical characteristics as well as concrete pore structure were investigated. Samples of concrete were prepared with two water-binder ratios (w/b) to design ordinary and high strength concrete. The effect of the shrinkage-reducing admixture was studied by adding 1% to the total mass of binder, while keeping the other parameters constant. The results indicate that SRA reduced plastic shrinkage, and reduce the 7 day drying shrinkage for w/c=0.65 and w/c=0.43 concrete mixtures by up to 56% to 31% respectively and the 70 day drying shrinkage by up to 33% to 25% when the specimens were cured at relative humidity of 50%. In fact, the SRA modified the pore structure increasing the total porosity and eliminating the percentage of larger pores with diameters ranging from 0.3 to 1 μ m. When concerned with drying of concrete, the larger pores are the first ones to lose their internal water and consequently change the RH levels which can explain the reduction in drying shrinkage that occurs when SRA are used in concrete.

EFFONDREMENT DES TOURS DU WTC : BILAN DES ÉTUDES SCIENTIFIQUES

Jérôme QUIRANT

L'effondrement des tours du World Trade Center le 11 septembre 2001 a été, comme la rupture du pont de Tacoma en 1940, une image qui a marqué les esprits du public et des ingénieurs. De nombreuses études ont été menées pour expliquer les raisons et le processus d'effondrement. Le but de cet article est de présenter les conclusions qui ont été apportées par les scientifiques de divers horizons : d'abord celles ayant été expertisées par la communauté du génie civil dans des revues spécialisées à comité

de lecture, ensuite celles sujettes à caution qui sont diffusées sur internet sans contrôle.

PROGRESSIVE COLLAPSE OF THE WTC TOWERS: REVIEW OF SCIENTIFIC STUDIES

As the collapse of Tacoma Bridge in 1940, the collapse of the World Trade Center towers on September 11th, 2001 was an event that impressed the public and engineers' consciousness. Many studies were led to explain reasons and process of the collapse. The aim of this paper is to present conclusions which were given by different scientists: first those presented by the community of civil engineering through peer-reviewed papers, and then those unreliable which are broadcast on Internet without valuation.

MODÉLISATION NON LINÉAIRE D'ASSEMBLAGES BOIS-MÉTAL SOLICITÉS EN FLEXION

Bohan XU, Abdelhamid BOUCHAÏR,
Mustapha TAAZOUNT

Ce travail présente les résultats numériques et expérimentaux d'assemblages bois-métal sollicités en flexion. Le modèle éléments finis 3D est développé en se basant sur différentes hypothèses telles qu'une loi non linéaire élasto-plastique pour l'acier, des lois de contact et de frottement entre les broches métalliques et le bois et une loi élastique parfaitement plastique (critère de Hill) associée à un critère dissymétrique (Hoffman) pour représenter le caractère fragile du bois. La comparaison entre les résultats expérimentaux et numériques montre que la modélisation proposée donne de bons résultats. Un modèle analytique est appliqué. Il s'inspire de l'Eurocode 5 en s'appuyant sur la Théorie de l'Analyse Limite Plastique et l'hypothèse du centre de rotation de l'assemblage confondu avec son centre géométrique. Les résultats analytiques ainsi obtenus sont confronté à ceux du modèle numérique.

NON LINEAR MODEL FOR STEEL-TO-TIMBER JOINTS IN BENDING

This study presents the experimental and numerical results of steel-to-timber joints with in bending. A three-dimensional finite elements model is developed considering the following hypothesis: a non linear elasto-plastic material law for steel, the contact with friction between steel dowels and timber and a perfectly elasto-plastic law (Hill criterion) combined with a dissymmetrical criterion (Hoffman) to represent the brittle character of timber. The comparison between the experimental and the numerical results shows that the modeling gives good -results. According to theory of plastic limit analysis and the assumption of the centre of rotation of the joint in the geometrical center, the analytical model proposed by EC5 is introduced and its results are compared to those of the numerical model.

COMMENT UNE POUTRE PEUT-ELLE CASSER ?

Noël CHALLAMEL, Christophe LANOS,
Charles CASANDJIAN

Cet article s'intéresse au mode de ruine des structures radoucissantes, englobant en particulier la ruine d'une poutre console en béton armé. Un modèle de plasticité non-locale est développé afin de contrôler le processus de localisation induit par les phénomènes de microfissuration. Il est montré que le problème régularisé est bien posé. Des solutions analytiques de la déformée de la poutre sont proposées. La longueur de la zone plastique croît durant le processus de radoucissement, jusqu'à

une valeur asymptotique qui dépend de la longueur caractéristique du matériau (ou de la poutre). D'autres systèmes structurels sont étudiés, incluant la poutre sur deux appuis. Il est conclu que le mode de ruine est intrinsèquement un phénomène non-local qui s'accompagne d'effets d'échelle.

CLASSICAL REINFORCED CONCRETE BEAM COLLAPSE STUDY

This paper questions the mode of collapse of some simple softening structural systems, comprising the classical reinforced

concrete cantilever beam. A non-local plasticity model is developed in order to control the localization process induced by microcracking phenomena. An implicit gradient plasticity model is used in this paper. It is shown that the regularized problem is well-posed. Closed-form solutions of the elastoplastic deflection are finally derived. The length of the plastic zone grows during the softening process until an asymptotic limited value, which depends on the characteristic length of the material. Other structural cases are also presented, including the simply supported beam. It is concluded that the mode of collapse is firmly a non-local phenomenon strongly related to scale effects.