

Titre : Impact de la vitesse de séchage sur les déformations différées des matériaux cimentaires : étude expérimentale et numérique

Mots clés : séchage, fluage, retrait, effet pickett

Le présent travail vise à apporter une contribution à la compréhension des mécanismes de séchage, de retrait et de fluage à l'échelle de la pâte de ciment grâce à des essais expérimentaux novateurs, notamment vis à vis de la vitesse de séchage et de l'effet Pickett. Puis, à la lumière de ces résultats, l'objectif est de proposer un modèle prenant en compte ces effets hydriques sur le comportement différé du béton.

En premier lieu, une campagne expérimentale est menée, dont le but est d'étudier l'effet de la vitesse de séchage sur le fluage et le retrait. Une difficulté lors de la caractérisation du retrait et du fluage séchant est la fissuration des échantillons en raison des gradients de séchage au sein de l'échantillon. Ainsi, afin d'isoler les effets purement « matériaux » à l'échelle de la pâte de ciment, il a été décidé de réaliser des essais de retrait et de fluage sur des échantillons de pâte de ciment d'épaisseur 2 mm. Ces essais microscopiques ont été réalisés : (1) sous microscope électronique à balayage environnemental (MEBE) à EDF R&D MMC et (2) dans la machine de traction-compression biaxiale Mini-Astrée du LMT à l'ENS Paris-Saclay, placée sous enceinte climatique avec une concentration en CO₂ contrôlée et suivis par une caméra ultrarapide.

En parallèle, il a été entreprise une campagne macroscopique sur des échantillons séchants et prééquilibrés à différentes humidités relatives : 80 %, 58 % et 30 %. Ces essais mettent en évidence la diminution de la cinétique de fluage propre quand l'humidité relative diminue.

En deuxième lieu, l'objectif de l'étude numérique est de proposer des modèles de séchage, de retrait et de fluage qui intègrent au mieux l'impact de la vitesse de séchage. Un modèle de séchage prenant en compte la perméation de l'eau liquide et la diffusion de la vapeur d'eau a été adopté. Il est démontré que ce modèle de séchage permet d'assurer le passage de l'échelle de l'éprouvette de laboratoire à celle de la structure. Un modèle de retrait très simplifié est proposé et s'est révélé particulièrement efficace pour reproduire le comportement en retrait de dessiccation d'échantillons de différentes tailles, séchant à différentes vitesses. Enfin, le fluage a été étudié : deux modèles très connus de la littérature (Burger et MPS) sont comparés ; il est démontré que modèle Burger est à même de prendre en compte l'effet de taille et de vitesse de séchage sur le fluage de dessiccation, ce qui n'est pas le cas pour le modèle MPS.

Title : Impact of drying rate on delayed strain behavior of cement-based materials – experimental and numerical study

Keywords : drying, creep, shrinkage, pickett effect

Abstract: This work aims to contribute to the understanding of drying, shrinkage and creep mechanisms at the cement paste scale through innovative experimental tests, including drying rate and Pickett effect. Then, in the light of these results, the objective is to propose a model taking into account these hydric effects on the delayed behavior of concrete.

Firstly, an experimental campaign is carried out to study the effect of drying rate on creep and shrinkage. A difficulty in characterising shrinkage and drying creep is the cracking of the samples due to drying gradients within the sample. Thus, in order to isolate the purely "material" effects at the cement paste scale, it was decided to carry out shrinkage and creep tests on 2 mm thick cement paste samples. These microscopic tests were carried out: (1) under environmental scanning electron microscope (ESEM) at EDF R&D MMC and (2) in the Mini-Astrée biaxial tension-compression machine of the LMT at ENS Paris-Saclay, placed under climatic chamber with controlled CO₂ concentration and monitored by an ultra high-speed camera.

In parallel, a macroscopic campaign was undertaken on drying and pre-balanced samples at different relative humidities: 80%, 58% and 30%. These tests highlighted the decrease in basic creep kinetics when relative humidity decreases.

Secondly, the objective of the numerical study is to propose drying, shrinkage and creep models that best integrate the impact of drying rate. A drying model taking into account the permeation of liquid water and the diffusion of water vapour has been adopted. It is demonstrated that this drying model allows the passage from the scale of the laboratory specimen to that of the structure. A very simplified shrinkage model is proposed and has been shown to be particularly effective in reproducing the drying shrinkage behaviour of samples of different sizes, drying at different rates. Finally, creep was studied: two models well known from the literature (Burger and MPS) are compared; it is shown that the Burger model is able to take into account the effect of size and drying rate on drying creep, which is not the case for the MPS model.