

Titre : Élaboration d'un protocole d'évaluation du fluage des structures sous-marines: conception d'un modèle multi-échelles et d'un dispositif expérimental chemo-mécanique

Mots clés : Comportement viscoélastique, fluage, eau de mer, couplage chemo-mécanique, matériaux cimentaire, protocole expérimental, modèle numérique multi-échelles, microscopique, macroscopique

Résumé : Le secteur marin connaît actuellement une croissance rapide et importante, favorisant le recours à des constructions sous-marines. Au contact avec l'eau de mer, le béton subit une dégradation causée par la diffusion d'ions agressifs dans sa porosité et leur réaction avec les constituants du béton conduisant à une perte de résistance mécanique. Cette diffusion de multiples ions crée une compétition au sein de la microstructure entre deux phénomènes opposés (l'expansion et la formation de couches protectrices). A cette dégradation chimique s'ajoutent des déformations différées dues aux chargements mécaniques constants. La conception de ces ouvrages sous-marines vise une longue durée d'utilisation, d'où il la nécessité de définir les lois de comportement des matériaux cimentaires en milieu marin. Ce couplage chemo-mécanique complexe a nécessité le développement d'outils numériques

et expérimentaux innovants. Dans l'objectif de suivre l'effet du fluage sur les structures offshores dégradées, un dispositif expérimental original a été conçu et implémenté. Le suivi de l'évolution de la microstructure en temps réel a nécessité le développement d'un modèle numérique multi-échelles représentatif du matériau tenant compte de l'hydratation du ciment couplée aux attaques chimiques et au fluage utilisant des lois de comportement locales intrinsèques. Les résultats ont montré une dégradation par couches très fines et une influence de chacune d'elles sur les propriétés mécaniques et le fluage de mortiers. Les essais ont mis en évidence l'évolution des phases au sein de la microstructure et les risques de fissuration à long terme. Ces nouvelles approches numériques et expérimentales proposées sont prometteuses et conduisent à des résultats cohérents.

Title : Development of a creep assessment protocol for underwater structures: design of a multi-scale model and a chemo-mechanical experimental device

Keywords : Viscoelastic behavior, creep, seawater, chemo-mechanical coupling, cementitious materials, experimental protocol, multi-scale numerical model, microscopic, macroscopic

Abstract: The marine sector is currently experiencing rapid and significant growth, favoring the use of underwater constructions. When in contact with sea water, concrete undergoes degradation caused by the diffusion of aggressive ions in its porosity and their reaction with the concrete constituents leading to a loss of mechanical resistance. This diffusion of multiple ions creates a competition within the microstructure between two opposite phenomena (expansion and formation of protective layers). In addition to this chemical degradation, creep deformations occur due to constant mechanical loading. The design of these offshore structures aims long durations of use, hence the need to define the behavior laws of cementitious materials in marine environment. This complex chemo- mechanical coupling required the development of

innovative numerical and experimental tools. In order to follow the effect of creep on degraded offshore structures, an original experimental device has been designed and implemented. The monitoring of the evolution of the microstructure in real time required the development of a multi-scale numerical model representative of the material taking into account the hydration of cement coupled with chemical attacks and creep using intrinsic local behavior laws. The results showed a degradation by very fine layers and an influence of each of them on the mechanical properties and the creep of mortars. The tests highlighted the evolution of phases within the microstructure and the risks of long-term cracking. These new numerical and experimental approaches are promising and lead to consistent results.