

Soutenance de thèse de Pierre Kœchlin

Modèle de comportement membrane-flexion et critère de perforation pour l'analyse de structures minces en béton armé sous choc mou

Le 11 janvier 2007 à 15h au LaMSID (site d'EDF R&D à Clamart)

Directeurs de thèse : Stéphane Andrieux et Alain Millard

Résumé

L'étude des structures surfaciques en béton armé destinées à la protection contre des impacts de projectiles déformables, nécessite de caractériser précisément ce type d'impact. Nous proposons dans ce mémoire une nouvelle classification générale des chocs, distinguant précisément les chocs mous des chocs durs. Nous montrons ainsi que la chute d'avion, comme tout choc mou, génère des ondes de flexion et d'effort tranchant, qui produisent non seulement des dégradations dans toute la structure comme la fissuration du béton et la plastification des aciers longitudinaux, mais aussi des phénomènes très locaux comme la perforation, toujours caractérisée par un cône de rupture.

Cette analyse des phénomènes conduit à proposer deux outils de simulation. Le premier correspond à une loi de comportement non linéaire membrane-flexion pour plaques en béton armé. Ce modèle global en variables généralisées permet de représenter la fissuration du béton à l'aide de la théorie de l'endommagement et les déformations irréversibles à l'aide de la théorie de la plasticité. Pour cela, le critère de plasticité en flexion de Johansen est généralisé en incluant les effets de membrane. Le modèle, programmé dans le code d'expertise industrielle Europlexus, est validé par comparaison avec d'autres modélisations et avec des essais.

Le second outil de simulation est un critère de perforation pour dalles en béton armé. Il s'agit d'un critère statique portant sur le moment, l'effort normal et l'effort tranchant, et déterminé via l'analyse limite. En appliquant le critère aux efforts généralisés issus d'un calcul dynamique, nous montrons qu'il permet de prédire la perforation dans le cas des chocs mous.

Summary

In order to study the protection offered by reinforced concrete shell structures against soft projectiles impacts, we need first to characterize that kind of impact. In this document, we propose a new unified classification of shocks, allowing to distinguish soft and hard impacts. We show that aircraft crash, like every soft impact, produces bending and shear waves, which generate global and local damage: concrete cracking and reinforcement yielding in the whole structure, and possible perforation with a yield cone in the impact area.

To model these phenomena we propose two computation tools. The first one is a membrane-bending non linear constitutive law for reinforced concrete slabs. This global model, using resultant variables, can simulate concrete cracking through damage theory and inelastic strains through plasticity theory. The Johansen bending yield criterion is improved to account for membrane effects. This material law has been implemented in Europlexus, an industrial finite element software for fast dynamics, and validated by comparison with experimental tests and other computational models.

The second simulation tool is a perforation criterion for reinforced concrete slabs. It is a static criterion depending on bending moment, normal force, and shear force, and derived using limit analysis. We prove that it is possible to predict perforation in case of soft impact, applying this criterion on stress resultant variables coming from a dynamic computation.