

Safety assessment of a gravity dam using a hydromechanical model: fracture propagation at the dam/foundation interface

Evaluation de la sécurité d'un barrage-poids à l'aide d'un modèle hydromécanique: propagation des fractures à l'interface barrage/fondation

M.L.B. Farinha*, N.M. Azevedo, S. Oliveira
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon, Portugal

*lbraga@lnec.pt

ABSTRACT: Most gravity dam failures occur due to sliding along the dam/foundation interface, rock mass discontinuities, or rock mass layers of lower strength. The possibility of sliding of a dam is usually evaluated based on simplified limit equilibrium techniques. In this study an explicit time-stepping small displacement algorithm, Parmac2D-Fflow, is used to assess the safety of gravity dams. This algorithm is based on a discrete representation of discontinuities, simulates the hydro-mechanical interaction, and considers softening constitutive laws that are closer to the actual behaviour of the dam/foundation interface. Seepage flow along the dam/foundation interface is only allowed to occur after contact failure, making it possible to model a coupled propagation failure along the dam/foundation interface due to a hypothetical dam overtopping scenario. For two gravity dams with different heights, the numerical results predicted with a coupled/fracture propagation model are compared with those obtained with a coupled/fully fractured model and with an uncoupled analysis. The results presented highlight the relevance of taking into account a coupled hydro-mechanical for dam safety and show that with coupled-fracture propagation model slightly higher safety factors are predicted.

RÉSUMÉ: La plupart des ruptures de barrages-poids sont dues à un glissement le long de l'interface barrage/fondation, des discontinuités de la masse rocheuse ou des couches de masse rocheuse de moindre résistance. La possibilité de glissement d'un barrage est généralement évaluée sur la base de techniques simplifiées d'équilibre limite. Dans cette étude, un algorithme explicite de petits déplacements à pas de temps, Parmac2D-Fflow, est utilisé pour évaluer la sécurité des barrages-poids. Cet algorithme est basé sur une représentation discrète des discontinuités, simule l'interaction hydromécanique et considère des lois constitutives d'adoucissement qui sont plus proches du comportement réel de l'interface barrage/fondation. Le flux d'infiltration le long de l'interface barrage/fondation n'est autorisé qu'après la rupture de contact, ce qui permet de modéliser une rupture par propagation couplée le long de l'interface barrage/fondation en raison d'un scénario hypothétique de débordement du barrage. Pour deux barrages-poids de hauteurs différentes, les résultats numériques prédits avec un modèle de propagation couplé/fracture sont comparés à ceux obtenus avec un modèle couplé/entièrement fracturé et avec une analyse non couplée. Les résultats présentés mettent en évidence la pertinence de la prise en compte d'un modèle hydro-mécanique couplé pour la sécurité des barrages et montrent qu'avec un modèle couplé de propagation des fractures, des facteurs de sécurité légèrement plus élevés sont prédits.

Keywords: Gravity dam; hydromechanical coupled model; fracture propagation; safety assessment.

1 INTRODUCTION

The hydro-mechanical behaviour of concrete dam foundations must be considered, and the behaviour of the discontinuities must be represented by realistic constitutive models. Studies have been carried out to characterise the properties and failure mechanisms of the concrete/rock interface and its effect on the stability of dams (Dong et al., 2016; Krounis et al. 2015; Tian et al., 2015). The safety of concrete dams is often quantified by a factor, which can be obtained by reducing the resistant characteristics of the discontinuities involved in the failure mechanism or by increasing the hydrostatic pressure on the upstream

face of the dam (Azevedo et al., 2021; Farinha et al., 2017; Enzell et al., 2023).

This study uses a hydromechanical model to assess the stability of gravity dams, which consider the opening/closing movements of discontinuities and the water pressures in the dam foundation discontinuities and in the dam/foundation interface, considering a contact model with weakening of cohesion and tensile strength of the concrete/concrete and concrete/rock interfaces. Stability analyses are carried out on two gravity dams of different heights. Using the gradual load amplification method, the sliding safety factors are determined considering a softening model for the