

Finite Element modeling of geomechanical processes in longwall mining

Auteur : Hanna, Jamil

Promoteur(s) : François, Bertrand

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil des constructions, à finalité spécialisée en "civil engineering"

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/22415>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

UNIVERSITY OF LIÈGE
FACULTY OF APPLIED SCIENCES

FINITE ELEMENT MODELING OF GEOMECHANICAL PROCESSES IN
LONGWALL MINING

MASTER THESIS COMPLETED BY:
HANNA JAMIL

IN ORDER TO OBTAIN THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN CIVIL ENGINEERING

MEMBRES DU JURY

Bertrand FRANCOIS (ULiege, Promoteur)
Frédéric COLLIN (ULiege)
Ioan BOTI (UTCB)
Pascal GODERNIAUX (UMons)

Master Civil Engineering
2024-2025

Abstract

Longwall mining, a method first implemented in the 1920s, has seen significant advancements in recent years with the development of more powerful excavation tools and automated support systems. This research investigates the geomechanical behavior of goafs, the voids created during the longwall mining process, focusing on their potential for repurposing as geothermal energy storage spaces. The study utilizes finite element modeling (FEM) to simulate the displacement, stress distribution of both the goaf and the surrounding intact rock. On that base porosity and permeability evolutions in the goaf are predicted. The modeling approach incorporates elastic and elasto-plastic material properties, with a particular emphasis on plastic compressibility, using the LAGamine software.

The modeling of reference case provides some insights on the geomechanical behavior of longwall mining including the goaf and the surrounding rock. Then the research builds on a real-world case from the Belgian Mining Basin, focusing on understanding the hydraulic properties of rock environments within and near the exploited areas. Four key parameters (the plastic compressibility factor (β), the lateral boundary conditions, the depth of the goaf, the bulking factor b) are analyzed for their sensitivity in affecting the representation of reality and the results of the simulations. The findings indicate that the geomechanical characteristics of the goaf, such as its porosity and permeability, play a crucial role in determining its suitability for geothermal energy storage applications.

This study offers valuable insights into the behavior of goafs, showing that with proper modeling, previously mined-out areas could be transformed into valuable assets for sustainable energy storage. The results of this research advance the understanding of how geomechanical processes impact the stability and usability of goafs and highlight their potential for integration into renewable energy systems.

Résumé

L'exploitation minière par longue taille, une méthode mise en œuvre pour la première fois dans les années 1920, a connu des avancées significatives ces dernières années avec le développement d'outils d'excavation plus puissants et de systèmes de support automatisés. Cette recherche étudie le comportement géomécanique des zones foudroyées, c'est-à-dire les vides créés pendant le processus d'exploitation minière par longue taille, en se concentrant sur leur potentiel de réutilisation comme espaces de stockage d'énergie géothermique. L'étude utilise la modélisation par éléments finis (FEM) pour simuler le déplacement et la distribution des contraintes à la fois des zones foudroyées et de la roche intacte environnante. Sur cette base, les évolutions de porosité et de perméabilité dans la zone foudroyée sont prédites. L'approche de modélisation intègre les propriétés des matériaux élastiques et élastoplastiques, avec un accent particulier sur la compressibilité plastique, en utilisant le logiciel LAGamine.

La modélisation du cas de référence fournit des informations sur le comportement géomécanique de l'exploitation minière par longue taille, y compris la zone foudroyée et la roche environnante. Ensuite, la recherche s'appuie sur un cas réel du bassin minier belge, en se concentrant sur la compréhension des propriétés hydrauliques de la roche à l'intérieur et à proximité des zones exploitées. L'effet de quatre paramètres clés (le facteur de compressibilité plastique (β), les conditions aux limites latérales, la profondeur de la zone foudroyée, le facteur de foisonnement b) sont analysés. Les résultats indiquent que les caractéristiques géomécaniques de la zone foudroyée, telles que sa porosité et sa perméabilité, jouent un rôle crucial dans la détermination de son adéquation aux applications de stockage d'énergie géothermique.

Cette étude offre des informations précieuses sur le comportement des zones foudroyées, montrant qu'avec une modélisation appropriée, des zones précédemment exploitées pourraient être transformées en actifs précieux pour le stockage d'énergie durable. Les résultats de cette recherche font progresser la compréhension de la manière dont les processus géomécaniques affectent la stabilité et l'utilisabilité des zones foudroyées et mettent en évidence leur potentiel d'intégration dans les systèmes d'énergie renouvelable.