

Numerical modelling of pipe umbrella system for shallow tunnels (en ce compris une introduction à la méthodologie de la recherche)

Auteur : Sampieri, Lorenzo

Promoteur(s) : Collin, Frédéric

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

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

Année académique : 2025-2026

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/26203>

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.

Résumé

Modélisation numérique d'un système de voûte parapluie dans les tunnels peu profonds

Auteur: Lorenzo Sampieri

Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du grade de:

Master of Science in Civil Engineering

Section: Urban & Environmental Engineering

Promoteur:

Frédéric Collin

Année académique: **2025–2026**

Contexte

Les tunnels peu profonds représentent une condition très délicate pendant les phases d'excavation. Pour renforcer le sol, des techniques de pré-soutènement sont donc souvent adoptées afin d'améliorer la stabilité du terrain et de réduire les déformations. Parmi ces techniques, la voute parapluie consiste à installer des tubes en acier dans le sol afin d'améliorer les propriétés mécaniques du terrain.

Objectifs

La modélisation de la voute parapluie est un problème complexe, pour lequel les approches bidimensionnelles simplifiées représentent une solution pratique et efficace du point de vue numérique. Cette thèse vise à étudier et tester différentes stratégies 2D pour représenter l'effet de la voute en conditions axisymétriques, en évaluant leur cohérence, leurs limites et leur fiabilité relative. Les modèles tridimensionnels explicites, bien que potentiellement plus précis, nécessitent un coût de calcul significativement plus élevé et ne sont pas inclus dans le cadre de ce travail.

Méthodologie

Un modèle analytique basé sur la méthode convergence-confinement a d'abord été développé afin de définir une réponse préliminaire du tunnel. Ensuite, un problème de référence fondé sur les mêmes hypothèses a été implémenté dans les logiciels FEM Lagamine et Plaxis 2D en conditions axisymétriques, en modélisant différentes phases d'excavation. Dans les modèles numériques, trois stratégies équivalentes simplifiées ont été introduites pour représenter le comportement du sol renforcé par les tubes. Les trois techniques sont : un matériau équivalent linéaire élastique, un matériau anisotrope et un matériau du type "enhanced soil model". Les résultats sont ensuite comparés entre eux en termes de contraintes, de déformations et de déconfinement.

Résultats

Les méthodes produisent des réponses en déformation différentes, en fonction de la stratégie adoptée. Le matériau équivalent linéaire élastique montre une rigidité très élevée et peut être peu représentative du comportement réel. Le matériau anisotrope présente un comportement plus proche d'un élément de type poutre, Le matériau anisotrope présente un comportement plus proche d'un élément de type poutre, permettant de mieux représenter la rigidité en flexion plus élevée dans la direction axiale introduite par les tubes. L'Enhanced soil model montre un comportement moins proche d'une poutre. Mais, en termes d'amplitude des déformations, il fournit des résultats comparables à ceux du matériau anisotrope.

Conclusions

Les résultats montrent que certaines stratégies 2D sont capables de représenter une partie de l'effet global de la voute parapluie, bien qu'elles ne reproduisent pas directement sa nature tridimensionnelle réelle. Comme perspective future, il serait intéressant de développer un modèle 3D équivalent reproduisant les mêmes hypothèses, conditions et phases d'excavation. En outre, il serait tout aussi pertinent de traiter les mêmes problèmes sous d'autres hypothèses initiales, par exemple en intégrant l'anisotropie de l'état des contraintes et la gravité.

Mots-clés : tunnel peu profond, méthode convergence-confinement, déconfinement, système de voute parapluie, renforcement des tunnels, modélisation axisymétrique, homogénéisation, Plaxis 2D, Lagamine.