

Dossier de Candidature - Prix Jean Kérisel 2016

Candidat : Guillaume CHAMPAGNE DE LABRIOLLE

Titre : Amélioration des méthodes analytiques basées sur des concepts simples pour le dimensionnement des tunnels superficiels et profonds en sol meuble

Résumé des Travaux :

La méthode Convergence-Confinement, de par sa facilité d'application, est fréquemment employée pour le calcul des tunnels, car elle permet de simuler en 2D, l'effet 3D de la présence du front de taille, le tout grâce à trois courbes : la courbe de réaction du massif (GRC), la courbe longitudinale de convergence (LDP), et la courbe de confinement du soutènement (SCC). Cependant, dans la pratique des ingénieurs, la plupart des hypothèses régissant les résultats les plus habituels sont souvent ignorées, en dehors de l'hypothèse d'un tunnel circulaire suffisamment profond. Et du côté des chercheurs, de nombreux travaux portent essentiellement sur les GRC par le biais de lois de comportement complexes, mais avec peu de lien avec la LDP et la SCC.

Le cadre conceptuel de la méthode Convergence-Confinement a été établi pour un matériau isotrope dans un champ de contraintes initialement isotropes. Ces deux hypothèses, quoique restrictives, donnent à cette méthode de calcul une approche fortement pédagogique. La méthode a été également complètement traitée pour un matériau avec un comportement élastique linéaire en condition de contraintes initialement anisotropes. Pour passer rigoureusement du cas isotrope, où le soutènement est chargé uniquement radialement, au cas anisotrope, il est appliqué la théorie des coques associée à une condition de contact massif/soutènement. Et c'est en particulier cette condition qui rend le traitement de l'anisotropie très fastidieuse par rapport au cas isotrope.

Les équations de la théorie des coques sont citées dans des publications depuis 1975, mais s'étendent peu sur les hypothèses et simplifications qui ont été établies. Il s'avère que les équations utilisées sont celles de la théorie des coques minces selon Flügge (valables pour un rapport épaisseur sur rayon $t/R < 1/20$ et pas $1/10$ comme on peut parfois le lire), en opposition avec celle des coques très minces ($t/R < 1/250$), cette dernière étant largement utilisée dans l'industrie. Le domaine de validité de la théorie des coques minces se situe déjà hors de nombreux cas usuels pour les revêtements de tunnels, ce qui conduit à se poser des questions sur l'approximation induite par l'utilisation de cette théorie à des revêtements d'épaisseur trop forte par rapport au rayon d'excavation.

L'objectif de ce travail a donc été de remettre en lumière l'ensemble des hypothèses de la méthode Convergence-Confinement, pour généraliser une application pratique sur la base de concepts simples, en particulier grâce à l'établissement de la théorie des coques épaisses sous chargement anisotrope. Les thèmes traités sont les suivants :

- Thème Coque mince / Coque épaisse :
 - Discussions autour de la définition des rigidités normales et de flexion K_{sn} et K_{sf} des soutènements
 - Etablissement de la théorie des coques épaisses sous chargement anisotrope
 - Etablissement des équations générales pour traiter le cas élastique en conditions de contraintes initiales anisotropes avec une coque épaisse
- Thème Contraintes totales / Contraintes effectives :
 - Approche simple pour prendre en compte le couplage hydromécanique dans la méthode Convergence-Confinement, c'est-à-dire sur les trois courbes GRC, LDP & SCC.
 - Application de cette approche à un comportement hydromécanique couplé en conditions de contraintes initiales anisotropes, grâce aux résultats du thème précédent.
- Basée sur les deux thèmes précédents :
 - Prise en compte de la mise en œuvre du produit de bourrage dans le chargement des voussoirs.