



Tunnel de base du Lyon-Turin – Comportement poussant du Houiller productif

Jean-Pierre JANIN & Thomas ROSSI, Setec-Terrasol – S2iP, Lyon, France

Angel SILVESTRE, (Ex) consultant en géotechnique, Valence, Espagne

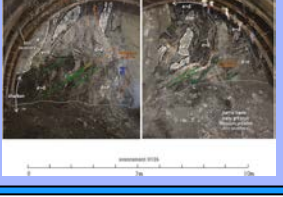
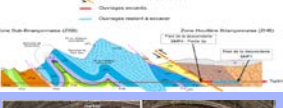
François LAIGLE, (Ex) EDF CIH, Le Bourget du Lac, France

Introduction

Le creusement de la descendrière de Saint-Martin-la-Porte (SMP1) et, récemment, de la galerie à l'axe du Tube Sud (SMP4 – 3A) de la future ligne ferroviaire Lyon-Turin a mis en évidence le comportement poussant (« squeezing »), avec des fortes convergences, des formations schisto-gréseuses et charbonneuses du Houiller Productif au niveau du Front Houiller Briannonnais. Des études de retro-analyse sur les mesures enregistrées in situ ont été menées dans le cadre de la mission de MOE du groupement S2iP des lots 6 et 7 du Tunnel de Base. Ces études ont permis de définir un modèle rhéologique permettant de décrire le comportement mécanique et différé du Houiller Productif et de justifier les profils de soutènement/revêtement pour le Tube Nord.

Contexte géologique

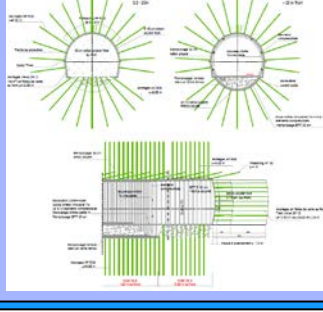
Le Front Houiller Briannonnais (FHB) correspond au décollement de la couverture briannonnaise d'âge Carbonifère venant chevaucher vers l'ouest les formations du sub-briannonnais plus récentes d'âge jurassique et créé par l'intermédiaire d'une « semelle » gypseuse d'âge triasique. Le creusement de la galerie SMP4-3A a rencontré le Houiller Productif vers le PK 10+270. Le massif est apparu de plus en plus déstructuré (GSI<30) avec des bancs gréseux totalement disloqués et noyés dans les schistes carbonneux.



Méthode de creusement

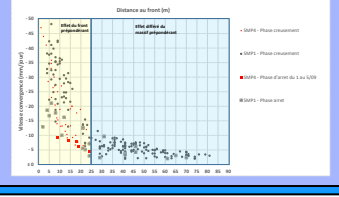
L'excavation, avec un rayon de 6,5 m, a été réalisée avec une machine à attaque ponctuelle par passe de 1 mètre. Un soutènement de type « semi-rigide » a été mis en place, composé par :

- Phase A (entre le front et 25 m environ) : présoutènements, couche fine de béton projeté, boulons auréolaires de 8 m, cintre coulissant TH44.
- Phase B (à environ 25 m du front) : excavation contre-voûte, cintre coulissant annulaire TH44, blocs compressibles, béton projeté de remplissage.



Auscultation

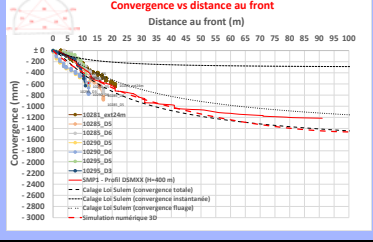
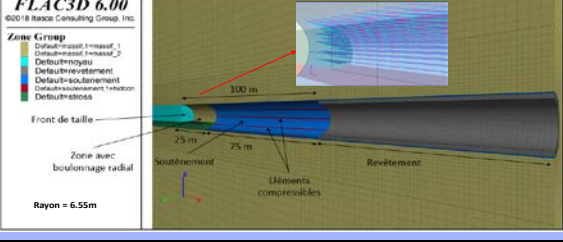
Dès la rentrée dans le Houiller les convergences ont augmentées considérablement jusqu'à l'effondrement du front au PK 10+370. Un comportement similaire à celui observé sur SMP1 a été constaté, avec des convergences métriques et un effet différé déjà présent au front et qui perdure au-delà de 25 m.



Calage du comportement du massif

Une méthodologie de calage du comportement du massif a été développée lors des études. Elle se base sur la combinaison d'approches semi-empiriques, analytiques et numériques. Cette méthodologie, détaillée dans l'article, se résume par les étapes suivantes :

- Calage de la résistance « pondérée » de la roche intacte (σ_{ci}) et du massif (σ_{cm}) sur la base du GSI évalué au front et de la proportion relative entre les bancs gréseux et les schistes carbonneux, selon l'approche proposée par Hoek et Marinos (2000).
- Calage de la Loi de Sulem (1987) sur l'évolution des convergences observées in situ et distinction entre la réponse instantanée et différée du massif.
- Détermination des paramètres instantanés du massif (E_m , ν , ϕ) avec les approches « convergence-confinement » (LDP + GRC).
- Simulation numérique 3D avec prise en compte du phasage de creusement / soutènement et calage du modèle rhéologique « Power Mohr-Coulomb Model », où le comportement visco-élastique de type Norton est associé au modèle élastique parfaitement plastique avec critère de Mohr-Coulomb. Le calage numérique a mis en évidence l'importance de la prise en compte d'une dégradation de la cohésion du massif en fonction des déformations et l'introduction d'un seuil de fluage, assimilé au seuil d'endommagement de la roche et défini comme un pourcentage de la résistance « pondérée » à l'échelle du front de la roche intacte σ_{ci} .



Conclusions and perspectives

Le creusement d'un tunnel dans un massif présentant un comportement « poussant » est un problème très complexe tant en phase de conception qu'en phase de réalisation. Cela nécessite, en effet, d'anticiper le niveau de déformation attendu de manière à maîtriser à la fois les convergences et les contraintes dans les soutènements et in fine dans le revêtement final à long terme. Une méthodologie de retro-analyse est proposée consistant à croiser des approches semi-empiriques, analytiques et numériques. Cette méthodologie aboutit à un calage numérique du comportement du massif, distinguant la réponse purement instantanée de celle différée, simulée de manière explicite par une loi relativement simple d'utilisation pour l'ingénieur. La suite du creusement de SMP4 et, après, du tube Nord permettront de valider et améliorer cette méthodologie de retro-analyse et le modèle rhéologique du Houiller productif.