

Characterization of potential swelling risk of pyritic black shales using MENARD pressuremeter

A. LAVASAN¹, G. CLAUS², J.-F. WAGNER³, R. HEINTZ^{2#}, R. MEYER⁴

¹ University of Luxembourg, Department of Engineering, COMPSOIL research group, 6 rue Coudenhove Kalergi, L-1359 Luxembourg

² Eurasol S.A. 23 bd Dr. Charles Marx L-2130 Luxembourg

³ Trier University, Geology Dept. Universitätsring 15, D-54296 Trier, Germany.

⁴ Administration des ponts et chaussées, Service géologique du Luxembourg, 23 rue du Chemin de Fer L-8057 Bertrange, Luxembourg

[#]Corresponding author: Robert Heintz, eurasol@pt.lu

ABSTRACT

Black shales are soils and rocks composed of varying amounts of organic matter, clays, carbonates, and sulphides such as pyrite. Toarcian black shales, outcropping in the southern part of Luxembourg, are geotechnically significant due to their potential to swell, causing differential ground heaving and severe structural damage. Unlike classical swelling, which typically involves clay mineral expansion or sulphate phase transitions, the swelling in black shales results from complex pyrite oxidation. When exposed to moisture and oxygen, pyrite (FeS_2) rapidly transforms into secondary minerals such as calcium sulphates and iron oxyhydroxides. These transformations lead to substantial volume increases and pressures that can damage overlying structures. Therefore, geotechnical assessments rely on measuring pyrite content at various depths using laboratory techniques such as X-ray diffraction and differential thermal analysis. These are performed alongside in-situ geotechnical investigations using pressuremeter tests to evaluate swelling potential. Experience with the MENARD pressuremeter has shown that the swelling risk can be effectively inferred from pressuremeter limit pressure (pLM) values. For black shales with $\text{pLM} > 1.2$ MPa, the risk of swelling is high, and special construction measures are advised to mitigate damage from pyrite alteration. Conversely, in black shales with $\text{pLM} < 1.2$ MPa pyritic swelling only occurs in exceptional conditions. This approach enables a reduction in costly and time-consuming laboratory analyses by inferring the lithological pyrite content and swelling risk directly through pressuremeter results used as well for the common geotechnical design of the foundations. In this paper we discuss in the paper the updated laboratory and pressuremeter results from the paper presented 2013 at the ISP6 (Heintz et al. 2013).

RESUME

Les schistes noirs sont des sols et des roches composés de quantités variables de matière organique, de minéraux argileux, de carbonates et de sulfures tels que la pyrite. Les schistes noirs toarciens affleurant dans le sud du Luxembourg, présentent un intérêt géotechnique important en raison de leur potentiel de gonflement, provoquant des soulèvements différentiels du sol et de graves dommages structuraux. Contrairement au gonflement classique, qui implique généralement une expansion des minéraux argileux ou des transitions de phase sulfatée, le gonflement des schistes noirs résulte d'une oxydation complexe de la pyrite. Exposée à l'humidité et à l'oxygène, la pyrite (FeS_2) se transforme rapidement en minéraux secondaires tels que les sulfates de calcium et les oxyhydroxydes de fer. Ces transformations entraînent des augmentations de volume et des pressions substantielles qui peuvent endommager les structures sus-jacentes. Par conséquent, les évaluations géotechniques reposent sur la mesure de la teneur en pyrite à différentes profondeurs à l'aide de techniques de laboratoire telles que la diffraction des rayons X et l'analyse thermique différentielle. Ces évaluations sont réalisées parallèlement à des investigations géotechniques in situ utilisant des essais pressiométriques pour évaluer le potentiel de gonflement. L'expérience avec le pressiomètre MENARD a montré que le risque de gonflement peut être efficacement déduit des valeurs de pression limite pressiométrique (pLM). Pour les schistes noirs dont la pLM est supérieure à 1,2 MPa, le risque de gonflement est élevé et des mesures de construction spécifiques sont recommandées pour atténuer les dommages causés par l'altération pyritique. À l'inverse, les schistes noirs dont la pLM est inférieure à 1,2 MPa présentent un risque de gonflement pyritique négligeable, qui ne survient que dans des conditions exceptionnelles. Cette approche permet de réduire les analyses de laboratoire coûteuses et longues en déduisant directement la teneur en pyrite et le risque de gonflement à partir des résultats des essais pressiométriques in situ, utilisés également pour la conception géotechnique courante des fondations. Dans cet article, nous présentons les résultats actualisés des essais de laboratoire et de pressiomètre, issus de l'article présenté en 2013 à l'ISP6 (Heintz et al. 2013).

Keywords: pyritic black shale, pyritic swell, swell risk as a function of pressuremeter limit pressure threshold values damage patterns and geotechnical design aspects.