



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 11 - 11 - 2022

ERSD 2022



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG)

CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam
Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam
Tổng hội Địa chất Việt Nam
Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam
Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu
Hội Cơ học Đá Việt Nam
Hội Công trình ngầm Việt Nam
Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam
Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam
Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam
Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam
Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam
Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam
Viện Địa chất và Địa vật lý biển
Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ
Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai
Trường Đại học Thủ Dầu Một

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban

GS.TS Trần Thanh Hải, *Trường Đại học Mở Địa - chất*

Phó Trưởng ban

GS.TS. NGŨT Bùi Xuân Nam, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Triệu Hùng Trường, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

GS.TS. NGŨT Võ Chí Mỹ, *Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam*

GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS. TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Công Giang, *Hội Công trình ngầm Việt Nam*

PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Phùng Mạnh Đắc, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

PGS.TS. NGŨT Nguyễn Văn Lâm, *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*

PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS. NGŨT Nguyễn Phương, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*

PGS.TS Đặng Trung Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS. NGND Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS Lê Đức Tình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Như Trung, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Trần Thị Phúc An, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Đỗ Huy Cường, *Viện Địa chất và Địa vật lý biển*

TS Công Tiên Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Tiên Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Ngô Hồng Điệp, *Trường Đại học Thủ Dầu Một*

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
TS Nguyễn Đắc Đồng, *Tổng hội Địa chất Việt Nam*
TS Lê Quốc Hùng, *Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam*
TS Lê Đại Ngọc, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*
TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*
TS Lê Văn Quyền, *Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam*
TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS Đặng Kim Triết, *Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai*

BAN KHOA HỌC

Trưởng ban

GS.TS. NGUYỄN Bùi Xuân Nam, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó trưởng ban

PGS.TS. ĐỖ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

GS.TSKH. NGUYỄN Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
GS.TS. NGUYỄN Võ Trọng Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
GS.TS. NGUYỄN Trương Xuân Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
GS.TS. ĐỖ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*
PGS.TS. ĐỖ Văn Bình, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Phùng Mạnh Đắc, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
PGS.TS. Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Lê Văn Hưng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Hoàng Văn Long, *Viện Dầu khí Việt Nam*
PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. NGUYỄN Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*
PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. ĐỖ Huy Cường, *Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và công nghệ Việt Nam*
TS. Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
TS. Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban

TS. Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó Trưởng ban

TS. Nguyễn Viết Nghĩa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS. Tống Thị Thanh Hương, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
PGS.TS. ĐỖ Như Ý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

BAN THƯ KÝ

Trưởng ban

PGS.TS. ĐỖ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó Trưởng ban

TS. Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Lê Quang Duyên, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
TS. Trần Thị Hải Vân, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
ThS. Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
ThS. Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
ThS. Phạm Đức Nghiêp, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

LỜI NÓI ĐẦU

Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững (ERSD) được Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG) và các đối tác tổ chức 2 năm một lần với mục tiêu tạo ra một môi trường bổ ích để các nhà chuyên môn trong và ngoài nước tụ hội và giới thiệu những kết quả và hướng mới trong nghiên cứu khoa học, thảo luận về các xu thế phát triển, thách thức và cơ hội đối với nhiều lĩnh vực khác nhau của Khoa học Trái đất, Tài nguyên địa chất, khai thác, chế biến, sử dụng và quản lý tài nguyên địa chất, bảo vệ môi trường và các ngành khác có liên quan.

Tiếp nối thành công của Hội nghị lần thứ nhất năm 2018 (ERSD 2018) và lần thứ hai năm 2020 (ERSD 2020), Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững lần thứ ba (ERSD 2022) được Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG) đăng cai tổ chức với sự tham gia đồng tổ chức của nhiều cơ quan quản lý, tổ chức nghiên cứu khoa học, đào tạo, và doanh nghiệp có uy tín trong nước gồm Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu, Hội Cơ học Đá Việt Nam, Hội Công trình ngầm Việt Nam, Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam, Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam, Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam, Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam, Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam, Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam, Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Khoa học và Công nghệ Mở, Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai, Trường Đại học Thủ Dầu Một, và với sự tham gia nhiệt tình của nhiều tổ chức và cá nhân khác.

Các chủ đề chính của Hội nghị lần này tập trung vào thảo luận các kết quả khoa học công nghệ và hướng nghiên cứu mới của Khoa học Trái đất và Tài nguyên thiên nhiên, Khai thác và sử dụng bền vững tài nguyên địa chất, Môi trường và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan như Cơ - Điện, Xây dựng, Công nghệ thông tin, ... cũng như việc ứng dụng chúng vào phát triển bền vững trong nhiều lĩnh vực của khoa học công nghệ, kinh tế và xã hội.

Trong quá trình tổ chức Hội nghị, Ban Tổ chức đã nhận được sự quan tâm của đông đảo các nhà khoa học, chuyên môn và quản lý trong và ngoài nước. Hơn 300 bản thảo báo cáo khoa học liên quan tới các chủ đề của Hội nghị đã được gửi tới Ban biên tập. Trên cơ sở đó, 206 báo cáo có chất lượng tốt đã được lựa chọn và xuất bản trong Tuyển tập các báo cáo toàn văn của Hội nghị với các chủ đề khoa học sau:

1. *Địa chất, Kiến tạo và Địa chất môi trường*
2. *Địa chất công trình - Địa kỹ thuật*
3. *Địa chất thủy văn và Tài nguyên nước*
4. *Tài nguyên địa chất và quản lý bền vững*
5. *Sinh thái môi trường và an toàn*
6. *Quản lý tài nguyên và môi trường*
7. *Công nghệ mới trong xử lý môi trường*
8. *Phát triển bền vững khoa học công nghệ mở và môi trường*
9. *Những tiến bộ trong khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm*
10. *Công nghệ tiên tiến trong chế biến khoáng sản và tái chế*
11. *Xây dựng công trình với phát triển bền vững*
12. *Dầu khí tích hợp*
13. *Kỹ thuật Trắc địa- Bản đồ và hệ thống thông tin địa lý*
14. *Khoa học Cơ bản trong lĩnh vực Khoa học Trái đất và Môi trường*
15. *Cơ khí - Điện - Tự động hóa*

Toàn bộ thông tin khoa học về hội nghị được tích hợp vào Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <http://ersd.humg.edu.vn/>.

Ban tổ chức xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, với tư cách là đơn vị đăng cai tổ chức Hội nghị, cùng các đơn vị đồng tổ chức đã hợp tác chặt chẽ và góp phần quan trọng vào việc tổ chức Hội nghị này. Cảm ơn các nhà khoa học và nhà chuyên môn đã đóng góp các công bố khoa học có giá trị cho Hội nghị. Ban tổ chức cũng đánh giá cao sự nỗ lực của các chuyên gia đọc bài đã có nhiều nỗ lực và đóng góp để nâng cao chất lượng khoa học của các báo cáo, góp phần quan trọng vào thành công của hội nghị này.

Ban tổ chức mong muốn tiếp tục nhận được sự hợp tác chặt chẽ và góp ý chân thành của các đơn vị và cá nhân đối với việc chuẩn bị và tổ chức hội nghị, chất lượng báo cáo, biên tập, và xuất bản kỷ yếu hội nghị nhằm nâng cao chất lượng của các hội nghị tiếp theo, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của hoạt động nghiên cứu khoa học và trao đổi học thuật thuộc các lĩnh vực Khoa học Trái đất và Tài nguyên và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan.

Hà Nội, tháng 11 năm 2022
THAY MẶT BAN TỔ CHỨC

GS.TS Trần Thanh Hải

Nghiên cứu độ ổn định khối đất đá – trạm quạt mức + 30 khi khai thác tận thu vỉa H10 Công Ty Cổ Phần Than Mông Dương – Vinacomin Đào Việt Đoàn Vũ Trung Tiến, Đỗ Anh Sơn	771
Ảnh hưởng của công nghệ kỹ thuật bơm vữa đến một số ứng xử cơ học của cọc đường kính nhỏ micropile: Nghiên cứu tổng quan Bùi Văn Đức , Nguyễn Văn Mạnh	782
Nghiên cứu ổn định nền móng và công trình ngầm có xét đến tính từ biến của đá Nguyễn Huy Hiệp, Nguyễn Duyên Phong	789
Nghiên cứu một số mô hình vật liệu nâng cao trong mô phỏng ứng xử của đất rời chịu tác dụng của tải trọng chu kỳ theo phương thẳng đứng Phạm Văn Hùng	795
Nghiên cứu những ứng xử cơ học của đất rời dưới tác dụng của tải trọng chu kỳ theo phương thẳng đứng Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Phạm Thị Nhân	801
Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ bê tông gốc đến cường độ của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế Đặng Quang Huy, Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn	808
Ảnh hưởng của nhiệt độ dung dịch khoan đến sự phân bố ứng suất của đá khô-nóng xung quanh giếng khoan ở tầng địa chất sâu Trần Nam Hưng, Nguyễn Thị Thu Nga, Phạm Đức Thọ, Triệu Hùng Trường	815
Nghiên cứu đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả chống lò bằng vì neo trong các mỏ than hầm lò của TKV giai đoạn 2020-2025 Đặng Văn Kiên, Trần Duy Học, Mai Xuân Thanh Tuấn, Võ Trọng Hùng, Nông Việt Trung	822
Nghiên cứu ảnh hưởng của tương quan vị trí đường lò phía dưới bãi thải mặt mỏ đến ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ đường lò tại vùng than Quảng Ninh Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Lê Chí Kiên, Ngô Đức Quyền, Mai Xuân Thanh Tuấn, Nguyễn Hữu Sà	830
Nghiên cứu chế tạo gạch không nung sử dụng chất kết dính geopolymer Tăng Văn Lâm, Nguyễn Trung Hiếu, Võ Đình Trọng, Vũ Trọng Khang, Nguyễn Quốc Chuẩn ...	840
Một số công nghệ tiên tiến trong thăm dò, nâng cấp và thay thế đường ống hạ tầng kỹ thuật tại các khu đô thị Việt Nam Vũ Minh Ngạn , Đặng Quang Huy, Trần Hồng Hạnh, Phạm Văn Hùng, Lê Anh Quân	846
Numerical simulation of a case of bored piles combined with ground anchor reinforcement for deep excavation Pham Thi Nhan	852
Nghiên cứu ảnh hưởng của đứt gãy đến sự biến đổi cơ học trong khối đá xung quanh công trình ngầm khi chịu động đất Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Ngọc Huệ, Nguyễn Quang Minh, Nguyễn Văn Mạnh, Trần Tuấn Minh	858
Nghiên cứu ứng xử của đường hầm và kết cấu ngầm công trình lân cận trong điều kiện xây dựng đô thị Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Huy Hiệp, Nguyễn Văn Quang	864

Numerical simulation of a case of bored piles combined with ground anchor reinforcement for deep excavation

Pham Thi Nhan*

Hanoi University of Mining and Geology

TÓM TẮT

Ground anchor has many applications in the construction field. It can be widely used throughout the world for temporary supports or permanently anchored systems, such as: retaining wall stabilization, slope and landslide stabilization, and lift-up resistance for the structure under the groundwater level. The two-dimensional finite element PLAXIS software was employed to evaluate the stability of the deep excavation by incorporating anchor elements and bored piles plate. The present research is a case study investigating deep excavation to meet all requirements for geotechnical safety such as maximum displacements and factor of safety. In the numerical analysis, the soil behavior was simulated using the Mohr-Coulomb model. The plate and node-to-node anchor elements were adopted to model the diaphragm wall and the anchors, respectively. Based on numerical modelling and computation, the results revealed that the maximum lateral displacements were felt in a range of $30\div 36 \times 10^{-3}$ m and the factor of safety was 1.64. The maximum horizontal displacement of the slope after reinforcement is smaller than the limit value of the horizontal displacement. The predicted displacements and computed factors of safety proved the correctness of the proposed reinforcing solution, combining ground anchors and bored piles.

Keywords: Bored piles; ground anchor; Finite element analysis; Factor of safety; Deep excavation.

1. Introduction

Recently, accompanied by the speed of urbanization the need for excavation stability is an important factor in infrastructure development. There are many deep excavation methods, as explained by Chang (2006), Wang et al. (Wang et al. (2016)[1,2]. For socio-economic development, in the present and future, Vietnam will have to invest in many new infrastructures such as roads, tunnels, underground parking lots, and basements of high-rise buildings. Especially with large-scale high-rise buildings, the construction of excavations to serve the needs of basement is an essential needs [3]. To stabilize the deep excavation, we have many widespread measures such as: using strips of cement piles, steel piles, reinforced concrete walls, etc. Depending on the geological conditions, the measures listed above can be used independently or in combination with other forms of support such as splash systems, ground anchors, and soil nail systems. When facing changing geological conditions, the bored pile wall solution will be more flexible in resizing the structure than the solution using steel sheet piles or reinforced concrete walls. Because the bored pile walls with different large and small diameters can solve the above difficulties in a flexible, convenient, and highly economical way [4].

When the construction site is large and the stratigraphic conditions are suitable with good soil layers, using ground anchors to strengthen for deep excavation is considered the optimal solution. Due to the unobstructed excavation space, the use of ground anchors will allow maximum cost savings and speed up construction progress. Therefore, with the conditions of stratigraphy and construction site permitting, the solution of bored piles combined with ground anchoring is one of the effective and highly economical solutions in the construction of deep excavations. In there, finite element analysis plays an important role in the design of excavations in urban environments because of the necessity of ensuring the protection of adjacent buildings. to simulate the case study, a finite element based computer program Plaxis 2d version 2010 was used. The soil was modeled as Mohr-coulomb model while the elastic perfectly-plastic was chosen to model for design of the diaphragm wall and the supports (Vermer and Brinkgrvee (2002) [5].

* Corresponding Author

Email: phamthinhan@humg.edu.vn

In this case study, the excavation has been reinforced by a 19m- bored piles wall accompanied by two rows of ground anchor (4m bonded and 11m unbonded length for the rows and both are anchored in the sand layer). The working between bored pile wall and earth anchor to reinforce deep excavation was simulated in each excavation stage. The constant surface load value is 20 KN/m.

In the geological conditions of the research problem, these factors such as the maximum displacement values, safety factor, and maximum bending moment in the wall will be considered. These are also the main steps when conducting the audit design of the stabilization plan for the deep excavation.

2. Material and methods

Ground anchored walls, also referred to as “tieback walls”, can be a better method when a structure, sensitive to soil movement, exists near the excavation walls (Lazarte et al., 2015)[6]. This method involves the use of prestressed grouted ground anchors as structural elements that transmit applied tensile loads into the ground. The basic components of a grouted ground anchor, including the anchor head, the unbonded length, and the bond length

For the purpose of illustrating and better understanding, a typical 9.4 m high Ground anchored wall with vertical face and horizontal backfill is considered for the present study (Fig.1).

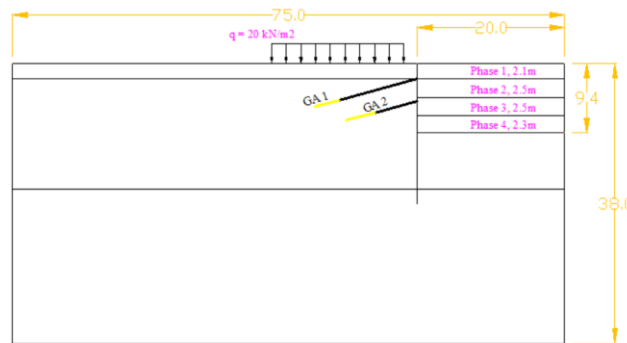


Fig.1. Cross section of anchored slope model

To observe the load transfer mechanisms in the anchored soil slope as failure was approached, a surcharge loading was incrementally applied on the top of the slope. The surcharge applied is caused by a vehicle load. Each vehicle weighs 15 tons on average, the maximum number of vehicles that can be arranged on the width of the road pavement is 2 vehicles. So the surcharge load per unit area $q = 2 \times 15t = 30 t / 30 m^2 = 1t/m^2 = 10 kN/m^2$. If 2 is considered to be the Factor of Safety, the surcharge load per unit area is calculated by 20 kN/m².

Table 2 summarises the geometric configuration and other design details of the anchored wall. The plate and node-to-node anchor elements were adopted to model the diaphragm wall and the anchors, respectively

Numerical simulations of the anchored slope are performed considering Mohr Coulomb (MC) model, and the observations are made regarding global stability, displacements of the excavation base, lateral deformations and axial forces in the nails after each construction stage. Given below is the brief description of various parameters required in MC-model, which was used to simulate the anchored slope. Primary objective of the study being to bring out the implications of the use of soil models, typical values of the different soil model parameters used in the study are summarised in table 1 and table 2.

Table 1. Soil geotechnical parameters

Parameters	Name	Unit	fill	sand	loam
Material type	-	-	Drained	Drained	Drained
Elastic modulus	E	kN/m ²	3000	25000	20000
Unit weight	γ_{unsat}	kN/ m ³	13	14	14
	γ_{sat}	kN/ m ³	17	17	18
Cohesion	C	kPa	1	1	8
Internal friction angle	ϕ	°	30	34	29
Poison's ratio of soil	ν	-	0.3	0.3	0.33
Dilatancy angle	Ψ		0	4	0

Table 2. Bored pile and ground anchor parameters

Ground anchor			
Material type	Geogrid		Elastic
Normal stiffness	EA	1.0E+05	kN/m
Length	L	10	m
Anchor inclination	α	15	0
Material type	anchor		Elastic
Normal stiffness	EA	2.0E+05	kN/m
Length	L	10	m
Main parameters of bored pile			
Normal stiffness	EA	2.5E+06	kN/m
Bending stiffness	EI	1.67E+05	kNm ² /m
Facing thickness	d	1.0	m
Poisson's ratio		0.15	

The following anchor pattern were carried out to review the effect of ground anchor Structures on deformation of excavations (Fig. 2)

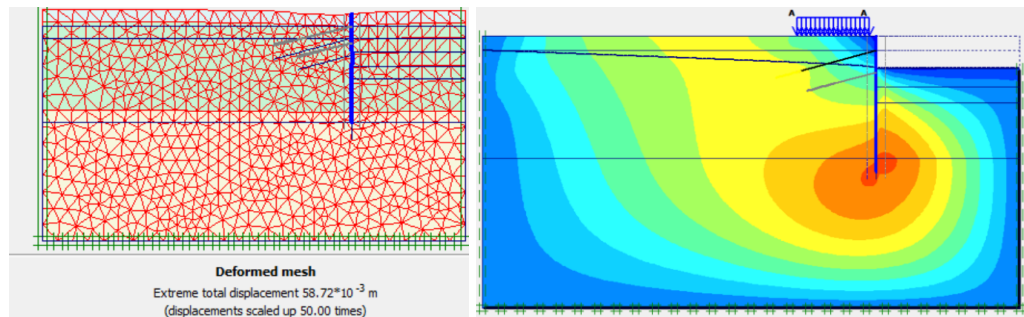


Fig. 2 Mesh of numerical model

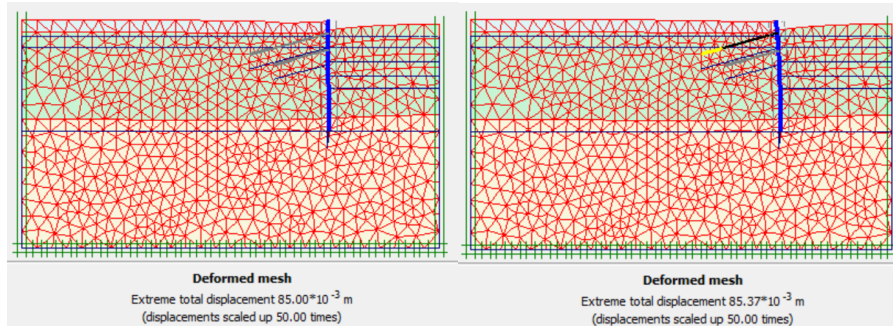
As mentioned earlier, the bored piles wall is simulated as a plane strain problem and long-term behavior is simulated using drained analysis conditions. 15-noded triangular elements are used for generating finite element mesh of appropriate density. Coarse mesh density is adopted globally, which is refined to fine density in the vicinity of the anchor-reinforced slope (Fig. 2). Mesh boundaries are placed far enough to minimize the influence of mesh boundaries on the results of the numerical simulation (Briaud and Lim Y.,1997)[7]. Fig.1 showed the simulated anchor-reinforced slope with excavation, and anchor dimensions, and various parameters including in situ soil properties, mesh boundaries and fixity conditions.

2.1. General Procedure for Numerical Simulation

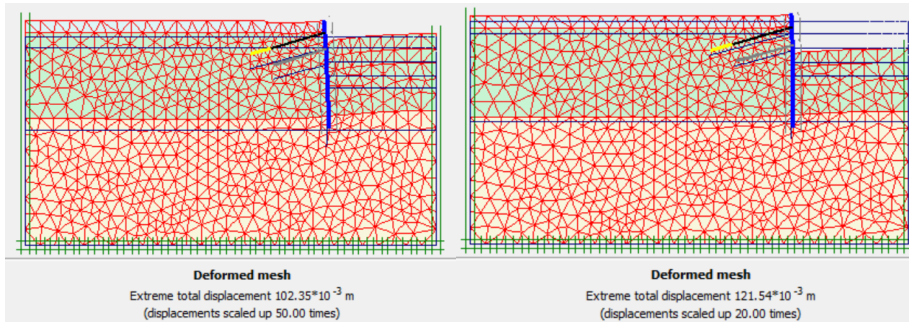
All calculation phases are defined as Plastic calculations using Staged construction as Loading input and standard settings for all other parameters. Material properties, geometry of the bored piles wall (including anchors and facing elements layout), boundary conditions are defined in the input program. The general steps in the numerical simulation of the anchor-reinforced slope are listed below:

Stage 1: After Installing a bored pile excavating and removing the first layer of soil to the depth of -2.1 m, activating a surcharge load of 20 kN/m²;

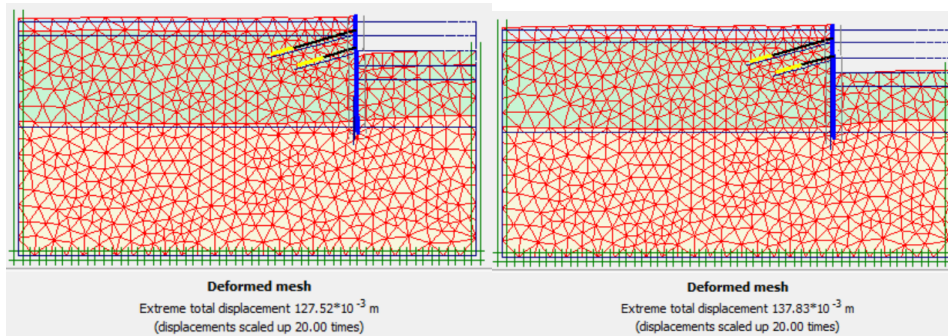
Stage 2: Installation the first row of anchor at an altitude of -2.1 m;



Stage 3: Excavating and removing the second layer of soil to the depth of -4.6m and -7.1m.



Stage 4: Installation the second row of soil nail at an altitude of -5.1 m



Stage 5: Excavating and removing the second layer of soil to the depth of -9.4 m.

3. Result and discussion

By using Plaxis software the results of stability analysis of anchor-reinforced slope were presented with special attention paid to lateral displacements and overall Factor of Safety (FS). The results of a factor of safety proved that the proposed solutions give a satisfying FS of about 1.64. So the case study and the solution proposed could be considered safe from a geotechnical point of view.

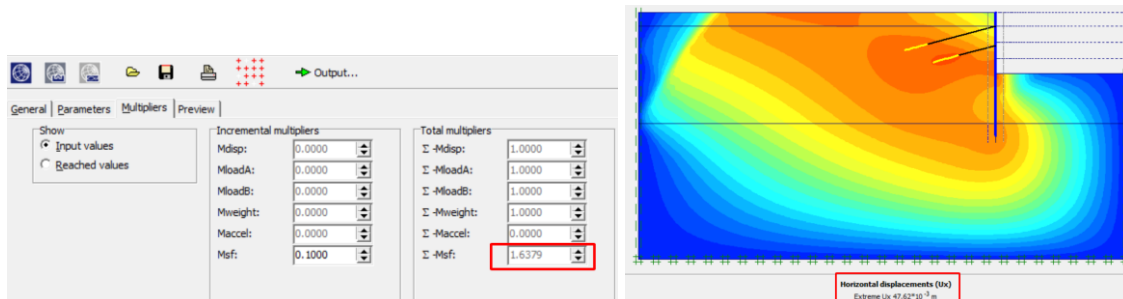


Fig.3. Overall stability analysis result and distribution of lateral displacement of the excavation

3.1 Variation of FS with construction stage

Based on the reduced c and ϕ parameters of the soil, the factor of safety (FS) in the currently used model can be computed according Eq. 1, which is proposed in the calculation window of PLAXIS. While calculating FS using the finite element-strength reduction method, the entire slope, from top to bottom of

excavation which involves all elements to be in a plastic state. The principal described above is the principal definition for $\phi - c$ reduction method.

In this report, construction progressed incrementally in a top-down manner by repeating two steps of construction. The first step began with soil being excavated to a depth of 2.1m. Step no 2 consisted of installing the anchor and pre-stress. Steps 1 and 2 were repeated until the full excavation depth (9.4m) was attained. The typical relationship between the excavation stage and calculated FS is presented in Fig.4. The tension forces of the anchor at the final construction stage are presented in Fig.5.

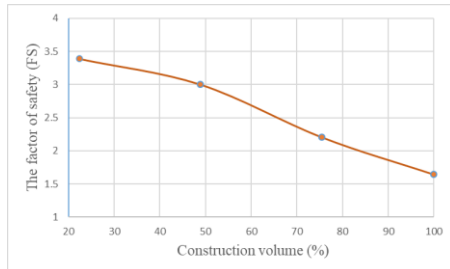


Fig4. Trend of FS with construction volume

Node-to-node	Node	X	Y	F
Anchor	[m]	[m]	[m]	[kN/m]
1	3521	55.000	35.900	218.076
	5906	44.370	33.050	218.076
2	3323	55.000	32.900	249.664
	4558	49.200	31.350	249.664

Fig5. Tension forces of anchor

The development of Fs factor with construction stages is shown in fig 4. The anchor force can be viewed by double-clicking the anchor, the anchor force is shown in fig 5 which is bigger than the specified pre-stress force. Looking at the graph in Fig.3, it is clear that the FS experienced a downward trend. In the second stage, The FS is close to 3.5, then the FS decreases to about 3 and 2.2 at the end of the third and fourth stage. At the fifth stage, the FS factor equals 1.64. This result shows that the combination of bored piles with ground anchors provides an appreciable stabilizing effect.

3.2 Variation of horizontal deformations with construction stage

The profiles of horizontal deformations of the excavation faces obtained from the Plaxis analysis are plotted in Figure 6.

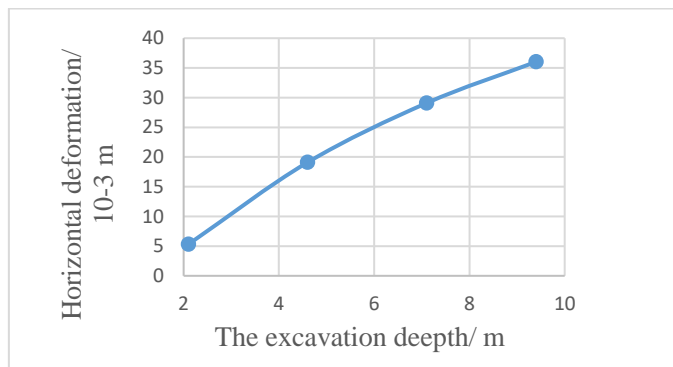


Fig6. Relationship between horizontal deformation and the excavation depth

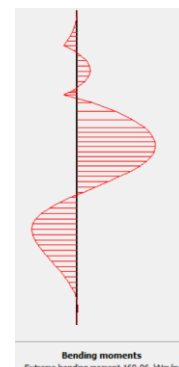


Fig7. Slope's face bending moment distribution

According to (Peck, 1969) [8], to restrain the strain level of the backfill and to maintain the stability of the retaining wall the wall displacements should be smaller than the value at the failure. The value at the failure is considered less than $H/60$ where H is the wall height. For the factor of safety higher than 2 the value becomes $H/150-200$.

From Fig.6, the maximum horizontal displacement of slope after reinforcement is $U_x = 36.02 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 3.6 \text{ cm}$. With the maximum of excavation depth, the limit value of the horizontal displacement $[U_x] = H/200 = 9.4/200 = 4.7 \text{ cm}$. This result proves that in the construction of deep excavation, the anchors combined with ground anchors will help to limit the amount of horizontal movement of the ground.

Additional calculations were performed to verify bending moment distributions in the slopes' face (concrete 1000mm layers). The example results for facing slope was shown in Figure 6. The extreme bending moments showed acceptable values about 169.96 kNm/m.

4. Conclusion

In the present study, the stability of a typical anchor-reinforced slope has been examined using the

conventional FHWA procedure and via numerical simulations.

The factor of safety (FS) is changed during excavation progress. If the design of anchors combined with bored piles is reasonable, the factor of safety will gradually decrease from the first excavation phase and closer to the stability criterion of 1.64 at the last stage. But vice versa, horizontal deformations of the excavation faces have experienced an increasing trend toward the end of excavation progress.

The maximum horizontal displacement of the slope after reinforcement is smaller than the limit value of the horizontal displacement. This illustrates that in an anchor-reinforced excavation, the combination of bored pile and ground anchors will help limit the amount of horizontal ground movement.

The predicted displacements and computed factors of safety proved the correctness of the proposed reinforcing the solution, combining ground anchors and bored piles.

References

Chang Yu ou, 2016. Deep excavation theory and practice. *National Taiwan University of science and technology*, Taiwan.

Wang and et al, 2016. Concept and characters of deep excavation groups in urban underground space development. *The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*.

<https://www.slideshare.net/trongthuy1/luan-van-su-dung-coc-nhoi-ket-hop-neo-dat-trong-tinh-toan-o-dinh-ho-dao-sau>

Nguyễn Quý Chức, 2015. *Nghiên cứu giải pháp sử dụng cọc nhồi kết hợp neo đất trong tính toán ổn định hố đào sâu*. Đại học Kiến trúc Hà nội.

Vermer PA, and Brinkgreve RBJ, 2002. *Manual of PLAXIS Finite Element Code for Soil and Rock Analysis Version 8.x.*,Balkema, Rotterdam, Netherland.

Lazarte, C. A., Robinson ,H., Gómez ,J .E., Baxter ,A., Cadden A., and Berg, R ,2015. *Soil Nail Walls Reference Manual* No. FHWA - NH I - 14 - 007.

Kim, Y., Lee, S., Jeong, S., & Kim, J. (2013). The effect of pressure-grouted soil nails on the stability of weathered soil slopes. *Computers and Geotechnics*, 49, 253-263

Peck, R.B. ,(1969). Deep Excavation and Tunneling in Soft Ground. State-of-the-Art Report. *Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Mexico, 225-325.

TÓM TẮT

Mô phỏng số bài toán ổn định hố đào sâu kết hợp tường cọc khoan nhồi

Phạm Thị Nhàn*

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Việc sử dụng Neo đất được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng. Neo đất có thể được sử dụng với mục đích chống giữ tạm thời hoặc là ổn định vĩnh cửu, chẳng hạn như: ổn định tường chắn, ổn định mái dốc và trượt lở đất, và chống lại áp lực đẩy nổi của nước ngầm lên kết cấu.

Phần mềm PLAXIS phần tử hữu hạn hai chiều được sử dụng để thực hiện nghiên cứu đánh giá độ ổn định của hố đào sâu sử dụng neo đất kết hợp tường cọc khoan nhồi. Với nghiên cứu này hố đào sâu cần đáp ứng được các yêu cầu về an toàn địa kỹ thuật như chuyển vị tối đa và hệ số an toàn FOS. Trong bài toán mô phỏng, sử dụng tiêu chuẩn bền Mohr-Coulomb. Các phần tử neo là anchor, bầu neo sử dụng geogrid và phần tử plate sử dụng mô phỏng tường cọc khoan nhồi. Dựa trên kết quả mô hình số và phân tích, kết quả cho thấy rằng dịch chuyển ngang tối đa trong phạm vi $30 \div 36 \times 10^{-3}$ m và hệ số an toàn là 1,64. Với giá trị chuyển vị ngang lớn nhất của mái dốc sau khi gia cố đảm bảo nhỏ hơn giá trị giới hạn của chuyển vị ngang. Như vậy với giá chuyển vị kiểm toán và các hệ số an toàn tại phase đào cuối đã chứng minh tính đúng đắn của giải pháp gia cố được đề xuất là kết hợp giữa neo đất và tường cọc khoan nhồi.

Từ khoá: Cọc khoan nhồi; neo đất; phần tử hữu hạn; hệ số an toàn; hố đào sâu.