

HỘI CƠ HỌC VIỆT NAM
HỘI CƠ HỌC VẬT RẮN

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

TUYỂN TẬP CÔNG TRÌNH

Hội nghị Khoa học toàn quốc

Cơ học Vật rắn lần thứ XV

TP. Thái Nguyên, ngày 24 - 25 tháng 9 năm 2021

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

NĂM 2021

Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học Vật rắn lần thứ XV

TP Thái Nguyên, 24-25/9/2021

© 2021 Nhà xuất bản Đại học Thái Nguyên.

Không phần nào trong xuất bản phẩm này được phép sao chép hay phát hành dưới bất kỳ hình thức hoặc phương tiện nào mà không có sự cho phép trước bằng văn bản của cơ quan chủ quản.

Nhà xuất bản Đại học Thái Nguyên

Địa chỉ : Phường Tân Thịnh – Thành phố Thái Nguyên – Tỉnh Thái Nguyên

Điện thoại liên hệ: (0280) 3.840023 - (0280) 3.601004

Email: nxb.dhtn@gmail.com

Website: <http://nxb.tnu.edu.vn>

Ban Biên tập

Đồng trưởng ban: Đào Huy Bích, Trần Ích Thịnh

Nguyễn Đông Anh, Nguyễn Đăng Bích, Phạm Đức Chính, Nguyễn Thái Chung, Nguyễn Tiến Chương, Nguyễn Mạnh Cường, Nguyễn Văn Đạt, Phạm Tiến Đạt, Nguyễn Đình Đức, Nguyễn Trung Hiếu, Lê Khả Hòa, Đặng Xuân Hùng, Nguyễn Xuân Huy, Nguyễn Tiến Khiêm, Ngô Như Khoa, Nguyễn Đình Kiên, Nguyễn Trung Kiên, Nguyễn Việt Khoa, Bùi Hải Lê, Trần Văn Liên, Đào Như Mai, Dương Phạm Tường Minh, Nguyễn Trang Minh, Vũ Hoài Nam, Nguyễn Thị Thanh Nga, Vũ Ngọc Pi, Trần Hữu Quốc, Lê Minh Quý, Nguyễn Hồng Thái, Trương Tích Thiện, Đỗ Văn Trường, Trần Thanh Tuấn, Trần Minh Tú, Hoàng Văn Tùng, Trần Bảo Việt, Phạm Chí Vĩnh

MÃ SỐ: $\frac{02 - 153}{\text{DHTN} - 2021}$

LỜI KHAI MẠC

Kính thưa: Các Quý vị đại biểu, Thưa các đồng nghiệp,

Kính thưa toàn thể Hội nghị,

Hôm nay, chúng tôi rất vinh dự được chào đón các Quý vị đại biểu, các Nhà khoa học, các đồng nghiệp từ các trường Đại học, Cao đẳng, các Viện nghiên cứu, các Bộ, Ngành, Trung tâm, các Công ty trong cả nước về tham dự Hội nghị Cơ học Vật rắn lần thứ XV dưới hình thức trực tuyến (nếu không vì dịch bệnh Covid-19, Hội nghị đã được tổ chức trực tiếp tại trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên vào đầu tháng 8 vừa qua).

Đây là Hội nghị khoa học thường kỳ của Hội Cơ học Vật rắn, được tổ chức hai năm một lần nhằm tạo điều kiện cho các cán bộ giảng dạy và nghiên cứu khoa học, cán bộ quản lý và sản xuất trong cả nước báo cáo và trao đổi các kết quả nghiên cứu khoa học mới, đồng thời định ra những hướng nghiên cứu, ứng dụng thiết thực trong thời gian tới.

Thay mặt BCH Hội Cơ học Vật rắn, tôi xin trân trọng tuyên bố khai mạc Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học Vật rắn lần thứ XV.

Kính thưa Hội nghị,

Đến dự Hội nghị hôm nay, chúng ta vui mừng được đón tiếp gần **200** cán bộ cơ học chuyên ngành Cơ học Vật rắn trong cả nước với **116** công trình khoa học sẽ được báo cáo. Các công trình khoa học tại Hội nghị thuộc cả hai lĩnh vực nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng của Cơ học Vật rắn trong kỹ thuật đều có tính thời sự, đi vào các lĩnh vực mới của chuyên ngành Cơ học Vật rắn mà giới khoa học quốc tế và trong nước đang quan tâm.

Các báo cáo khoa học đã qua một quy trình phân biện nghiêm túc (hai hoặc ba phân biện độc lập cho 1 báo cáo) và đã được xuất bản trong Tuyển tập các công trình khoa học của Hội nghị, Nhà xuất bản Đại học Thái Nguyên, với ISBN theo quy định quốc tế (đây là điểm mới đáng ghi nhận của Hội nghị lần này) và các báo cáo sẽ được trình bày tại 7 phân ban trong ngày hôm nay theo chương trình chi tiết mà các Quý vị đã có trong tay từ hơn 2 tuần qua.

Thay mặt Ban tổ chức Hội nghị, chúng tôi xin cảm ơn các Quý vị đại biểu, cảm ơn các báo cáo viên đã gửi bài đúng hạn, chất lượng và đến báo cáo tại Hội nghị trong ngày hôm nay. Đặc biệt, chúng tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Đảng Ủy, Ban Giám Hiệu, các Phòng, Ban, Khoa và cán bộ của trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên đã rất nhiệt tình và giành nhiều thời gian, công sức đồng tổ chức Hội nghị này.

Xin cảm ơn các tập thể và cá nhân trong các Ban của Hội nghị: Ban Khoa học (Đồng trưởng ban là GS. Đào Huy Bích, PGS. Ngô Như Khoa và các thành viên), Ban Tổ chức (Đồng trưởng ban là GS. Trần Ích Thịnh, PGS. Nguyễn Duy Cương và các thành viên; đặc biệt là Ban tổ chức tại trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên) và Ban Thư ký (PGS. Đào Như Mai, TS. Nguyễn Thị Thanh Nga, ThS. Nguyễn Thị Bích Ngọc) đã làm việc không mệt mỏi với tinh thần trách nhiệm cao trong nhiều tháng qua cho các công việc của Hội nghị khoa học Cơ học Vật rắn lần thứ XV này.

Cuối cùng, xin chúc sức khỏe tất cả các Quý vị đại biểu cùng toàn thể các Hội nghị viên và hy vọng rằng Hội nghị khoa học Cơ học Vật rắn lần thứ XV sẽ mang lại cho chúng ta nhiều ấn tượng tốt đẹp và nhiều kết quả bổ ích.

Xin trân trọng cảm ơn.

Ngày 24 tháng 9 năm 2021

TM BCH HỘI CƠ HỌC VẬT RẮN

Chủ tịch

GS.TS Trần Ích Thịnh

MỤC LỤC

	<i>Số trang</i>
Lời khai mạc	iii
Mục lục	iv
GS. TSKH. Đào Huy Bích	
Về hoạt động khoa học và xây dựng đội ngũ cán bộ ngành Cơ học Vật rắn giữa hai kỳ hội nghị 2018 – 2021	1
Đỗ Phương Anh, Vũ Thị Ngọc Ánh và Phạm Chí Vĩnh	
Sự phản xạ của sóng SV đối với biên phân chia liên kết trượt	8
Lê Xuân Bách, Vương Văn Thanh, Nguyễn Duy Văn, Giáp Văn Lợi, Đỗ Văn Trường và Nguyễn Tuấn Hưng	
Ảnh hưởng của biến dạng đến tính chất cơ học và điện tử của vật liệu đơn lớp GeTe cấu trúc β	17
Vũ Trọng Bách và Nhã Tường Linh	
Xác định chế độ chèn, xoắn hợp lý đối với phiê Titan VT1-0 bằng phương pháp thực nghiệm	25
Kim Bang Tran, Quang Sang Nguyen and Thien Tich Truong	
Numerical modeling of creep concrete beam and slab with Boltzmann superposition principle	33
Nguyễn Đăng Bích và Nguyễn Hoàng Tùng	
Phân tích đáp ứng động lực phi tuyến của vỏ cầu trống độ dày thay đổi, chịu tải cơ - nhiệt - thủy động	42
Bùi Văn Bình và Trần Ích Thịnh	
Dao động tự do của tấm vát có gân gia cường làm bằng vật liệu composite	52
Bùi Văn Bình và Trần Ích Thịnh	
Phân tích dao động của tấm vát-gấp nếp làm bằng vật liệu composite	61
Chu Thanh Bình, Trần Hữu Quốc và Hoàng Thu Phương	
Dao động tự do của tấm quay bằng vật liệu có cơ tính biến thiên chứa lỗ rỗng và graphene	71
Le Pham Binh, Doan Trac Luat, Tran Trung Thanh, Pham Quoc Hoa and Pham Tien Dat	
Forced vibration of FGP nanoplates resting on elastic foundation using finite element formulation	81

Le Pham Binh, Le Minh Thai, Pham Tien Dat and Tran Trung Thanh	
Static behavior of FGP half-annular nanoplates resting on elastic foundation using nonlocal elasticity theory	91
Nguyễn Văn Chinh, Phùng Văn Minh, Lê Trường Sơn và Tạ Đức Tâm	
Phân tích tĩnh tấm 2D-FGSW trên nền đàn hồi bằng phương pháp phần tử hữu hạn, sử dụng lý thuyết biến dạng trượt bậc cao Quasi3D	100
Nguyen Van Chinh, Tran Huu Quoc and Nguyen Dinh Kien	
Nonlinear static analysis of bi-directional functionally graded sandwich plates using a higher-order finite element formulation	110
Phạm Đức Chính và Vương Thị Mỹ Hạnh	
Xây dựng biên cho các mô đun đàn hồi dọc vĩ mô của vật liệu tổ hợp đồng phương đẳng hướng ngang	120
Nguyen Thai Chung, Duong Thi Ngoc Thu, Le Hai Chau and Le Xuan Thuy	
Dynamic Analysis of Stiffened Functionally Graded Composite Plates Reinforced by Carbon Nanotubes under Blast Loading	130
Vũ Văn Du, Nguyễn Văn Hiền, Phạm Văn Thu, Nguyễn Văn Đạt, Nguyễn Công Luật và Trần Ích Thịnh.	
Nghiên cứu thực nghiệm xác định khả năng chịu lực của kết cấu composite sandwich trong đóng tàu	141
Trương Thị Thùy Dung, Phạm Thúy Nga, Lê Đức Thọ, Nguyễn Văn Vĩnh và Trần Thanh Tuấn	
Tỷ số H/V của sóng Rayleigh trong bán không gian đàn nhiệt đẳng hướng	152
Trương Thị Thùy Dung, Trần Ngọc Trung, Nguyễn Thị Thu, Phạm Thúy Nga và Trần Thanh Tuấn	
Tỷ số H/V của sóng Rayleigh-Lamb trong lớp có ứng suất trước không nén được và bài toán ngược	161
Luong Viet Dung, Ngo Nhu Khoa, Nguyen Thi Hoa, Nguyen Thi Bich Ngoc and Duong Pham Tuong Minh	
The analysis of ultrasonic transducers using the finite element method	169

Luong Viet Dung, Ngo Nhu Khoa, Nguyen Thi Bich Ngoc, Duong Pham Tuong Minh, Nguyen Thi Hoa, Nguyen Quang Hung and Sy Nguyen-Van	
Measuring the vibration amplitude of the ultrasonic transducer	176
Luong Viet Dung, Dao Lien Tien and Duong Pham Tuong Minh	
Finite element analysis for the composite sandwich plate using the homogenization method	185
Nguyễn Anh Dũng	
Ảnh hưởng của việc xác định tham số mô hình thiết kế lên dự đoán phản ứng động của nhà cao tầng khi chịu động đất	192
Hoàng Ngọc Duy, Nguyễn Minh Sơn, Nguyễn Văn Hội, Nguyễn Hoàng Linh, Vương Văn Thanh, Nguyễn Tuấn Hưng và Đỗ Văn Trường	
Khả năng hấp thụ năng lượng cơ học của cấu trúc các bon ba chiều	201
Trần Thùy Dương và Phạm Hoàng Anh	
Tối ưu tần số dao động riêng tấm composite lớp gia cường ống nano carbon (CNT) theo phương pháp PTHH kết hợp với thuật toán tiến hóa vi phân cải tiến	210
Nguyễn Văn Đạt, Huỳnh Tấn Đạt, Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Văn Hiền, Nguyễn Công Chánh và Đinh Đức Tiến	
Nghiên cứu ứng dụng động cơ ô tô điện cho tàu thủy vỏ composite có tích hợp điện mặt trời (E-Boat)	220
Cao Van Doan and Dao Nhu Mai	
Nonlinear buckling analysis of oblique stiffened FG-GPLRC doubly curved shallow shells in the thermal environment	230
Dang Thuy Dong, Le Ngoc Ly, Vu Hoai Nam, Vu Minh Duc, Nguyen Van Tien and Tran Quang Minh	
Nonlinear dynamic buckling of stiffened FG-CNTRC cylindrical shells under axial compression	240
Dang Thuy Dong, Nguyen Thi Phuong, Nguyen Thi Thanh Xuan, Nguyen Thi Giang, Nguyen Van Tien and Tran Quang Minh	
Nonlinear vibration of FG-CNTRC doubly curved shallow shells stiffened by FG-CNTRC stiffeners	250

Vũ Lâm Đông, Phạm Đức Chính và Lê Hoài Châu

Mô phỏng số mô đun đàn hồi trượt vật liệu đa tinh thể hỗn độn Voronoi 2D từ các đơn tinh thể đối xứng square 260

Nguyen Dinh Duc và Pham Dinh Nguyen

Tối ưu vị trí gân trong phân tích ổn định của tấm composite nhiều lớp 269

Phạm Lê Trung Đức và Trương Tích Thiện

Mô phỏng động lực học thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển 279

Nguyễn Thị Hương Giang và Trần Bảo Việt

Phương pháp số xác định hệ số dẫn nhiệt của vật liệu Composite với cốt là vi cầu thủy tinh rỗng trên nền epoxy 286

Phạm Thị Hà Giang và Phạm Chí Vĩnh

Công thức độ chậm của sóng SH đàn điện truyền trong mặt phân cách của hai bán không gian đàn hồi áp điện 294

Lê Thị Hà

Dao động tự do của dầm xoắn có cơ tính biến thiên hai chiều với các điều kiện biên khác nhau 303

Hoàng Việt Hải, Đỗ Anh Tú và Trần Quang Minh

Thực nghiệm ứng xử đứt dầm lắp ghép bê tông cường độ siêu cao (UHPC) lắp ghép dưới tác dụng tải trọng thẳng đứng 312

Nguyễn Đình Hải, Trần Anh Tuấn, Nguyễn Tiến Dũng, Vũ Bá Thành và Phạm Đức Thọ

Xác định ứng xử nhiệt của vật liệu xếp lớp trong trường hợp miền phân giới là không hoàn hảo tổng quát bằng cách giải bài toán đồng nhất hoá nhiệt cục bộ 322

Vũ Quang Hải, Trương Thị Thùy Dung, Nguyễn Thị Nga và Trần Thanh Tuấn

Hàm phản ứng của sóng SH trong lớp có biến dạng trước 330

Vương Thị Mỹ Hạnh

Mô phỏng số các mô đun đàn hồi vĩ mô của đa tinh thể hướng hỗn độn monoclinic 2D trên nền hình học lục giác 339

Đinh Văn Hiến và Trần Ngọc Thanh

Biên dạng đáy vỏ trụ composite dị hướng nhận được bằng phương pháp quán trắc địa 349

Nguyễn Văn Hiến, Vũ Văn Du, Huỳnh Tấn Đạt, Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Công Chánh, Đinh Đức Tiến và Nguyễn Văn Đạt

Xác định sức cản tàu cao tốc bằng phương pháp CFD 358

Dang Van Hieu and Nguyen Thi Hoa

Nonlinear vibration of functionally graded porous micro-beams resting on elastic foundation 367

Nguyễn Trung Hiếu và Nguyễn Mạnh Hùng

Xác định ứng suất kéo trong kết cấu dầm bê tông cốt thép do biến dạng co ngót của bê tông gây ra 376

Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Tuấn Ninh, Trịnh Hoài Linh, Đỗ Văn Hải và Khúc Văn Tài

Nghiên cứu sự làm việc chịu uốn của dầm bê tông cốt hỗn hợp thép- polymer cốt sợi thủy tinh bị hư hỏng do ăn mòn cốt thép 384

Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Văn Quang, Nguyễn Mạnh Hùng, Lê Phước Lành và Dương Đình Đức

Khảo sát sự làm việc của cột bê tông cốt thép bị hư hỏng do ăn mòn cốt thép dưới tác dụng của tải trọng nén lệch tâm 393

Bui Thi Thu Hoai, Nguyen Dinh Kien and Tran Thi Thu Huong

Large deflections of cantilever FG-CNTRC sandwich beams 402

Phạm Văn Hoàn, Đào Như Mai và Lê Khả Hòa

Phân tích ảnh hưởng mô hình phân bố độ xốp đến sự ổn định của panel trụ làm bằng vật liệu FGP 412

Dương Thành Huân, Trần Minh Tú, Trần Hữu Quốc và Vũ Văn Thắm

Dao động tự do của tấm sandwich có lớp lõi bằng vật liệu auxetic và lớp bề mặt composite gia cường CNT 422

Lê Thị Huệ, Ngô Văn Trung, Lê Thị Hà và Phạm Chí Vĩnh

Ma trận chuyển và hàm Green của bán không gian đàn hồi chịu tác dụng của lực tập trung điều hòa theo thời gian 432

Trịnh Thị Thanh Huệ và Phạm Chí Vĩnh

Sóng Rayleigh truyền trong bán không gian đàn hồi trục hướng, nén được phủ lớp trục hướng, nén được lệch trục 441

Đặng Xuân Hùng, Trần Minh Tú và Trần Đại Hòa

Phân tích dao động riêng của tấm chữ nhật composite lớp gia cường bằng GPL theo các điều kiện biên khác nhau sử dụng phương pháp Pb2-Ritz 451

Đặng Xuân Hùng, Trần Minh Tú và Hương Quý Trường

Phân tích ổn định dầm sandwich FGM xếp với điều kiện biên khác nhau theo phương pháp Ritz 461

Nguyễn Quốc Hùng, Mạnh Cường Nguyễn and Tạ Văn Cường

Study on free vibration behavior of composite inner/outer ring-stiffened cylindrical shells 471

Tran Quang Hung, Do Minh Duc and Tran Minh Tu

Thermal buckling of P-FGM sandwich beam with porous core on elastic foundation 480

Nguyễn Thị Huyền, Đỗ Xuân Tùng, Nguyễn Thị Kiều và Phạm Chí Vĩnh

Phương trình thuần nhất hóa dạng hiện của lý thuyết đàn hồi trục hướng trong miền chứa biên phân chia độ nhám cao dạng hình tròn 490

Nguyễn Duy Hưng, Nguyễn Đăng Điềm, Nguyễn Lộc Kha, Tạ Duy Hiễn và Nguyễn Trung Kiên

Mô phỏng số cho tương tác cầu-xe của dầm giản đơn chịu tác dụng bởi phương tiện nhiều trục-bất đối xứng sử dụng phương pháp bán giải tích 497

Nguyễn Duy Hưng, Nguyễn Công Thức, Trần Huy Thiệp, Lê Mạnh Tuấn và Tạ Duy Hiễn

Đánh giá khả năng trích xuất tần số dao động cầu từ dao động thân xe của phương tiện ba trục dựa trên mô phỏng số 506

Luu Quỳnh Hường, Nguyễn Ngọc Huyền, Nguyễn Thị Lan và Nguyễn Tiến Khiêm	
Bài toán chẩn đoán vết nứt trong dầm FGM sử dụng vật liệu áp điện	516
Khanh Phạm Minh, Nghĩa Trung Tran, and Thien Tich Truong	
Development a prototype of Mobile Laminar Air Flow instrument	525
Khoa Viet Nguyen, Thao Thi Bich Dao, Ngoc Van Bach Pham, Quang Van Nguyen and Long Do Vu	
Damage detection of cables in cable-stayed bridges using vibration data measured from climbing robot	534
Nguyễn Triệu Khương, Lò Siêu Vỹ và Trương Tích Thiện	
Phân tích ứng xử phi tuyến và tối ưu hóa cấu trúc nẹp chỉnh hình mắt cá chân bằng phương pháp phần tử hữu hạn	543
Hoàng Trung Kiên, Trương Đức Phúc và Phạm Hồng Phúc	
Nâng cao tần số làm việc ngưỡng của vi chấp hành điện nhiệt dạng chữ V sử dụng thuật toán tối ưu bầy đàn	552
Nguyễn Trung Kiên, Nguyễn Văn Luật và Phạm Đức Chính	
Hệ số dẫn hiệu quả của vật liệu composite đối xứng cầu có lớp vỏ dị hướng	562
Nguyễn Trung Kiên, Trần Bảo Việt và Phạm Đức Chính	
Xấp xỉ đơn giản mô đun đàn hồi trượt vật liệu composite cốt liệu cầu và pha trung gian có tính chất thay đổi liên tục	569
Lê Phước Lành, Nguyễn Văn Quang, Đặng Anh Tài, Châu Xuân Thắng, Tăng Bá Hoàn và Nguyễn Văn Thế	
Nghiên cứu hiệu quả ứng xử uốn của dầm bê tông cốt cứng sử dụng bê tông cốt sợi thép	575
Bùi Hải Lê	
Ảnh hưởng của trọng số luật mờ đến hiệu quả điều khiển của hệ thống treo chủ động trên mô hình 1/4 xe ô tô	584
Bùi Hải Lê	
Điều khiển chủ động hệ thống treo của xe ô tô có kể đến dữ liệu trích mẫu của lực điều khiển	594

Trần Văn Liên và Vũ Ngọc Ánh	
Ứng xử của dầm nano có cơ tính biến thiên chịu tải trọng tĩnh	604
Nguyễn Hoàng Linh, Phạm Ngọc Hưng, Nguyễn Văn Hội, Hoàng Ngọc Duy, Nguyễn Minh Sơn, Trần Thế Quang, Vương Văn Thanh, Nguyễn Tuấn Hưng và Đỗ Văn Trường	
Ảnh hưởng của biến dạng cơ học đến tính chất sắt điện của vật liệu SrTiO ₃	613
Nguyễn Duy Long, Nguyễn Hồng Thái và Trương Công Giang	
Ảnh hưởng của hệ số thiết kế biên dạng rôto đến kích thước và chất lượng làm việc của bơm Roots có biên dạng đỉnh rôto là cung tròn	622
Nguyễn Văn Long, Lê Thanh Hải, Chu Thanh Bình và Trần Minh Tú	
Phân tích phi tuyến đáp ứng động của tấm bằng vật liệu FGM rỗng đặt trên nền đàn hồi	632
Giáp Văn Lợi, Nguyễn Duy Văn, Lê Xuân Bách, Nguyễn Tuấn Hưng, Đỗ Văn Trường và Vương Văn Thanh	
Tính chất nhiệt điện và quang học của vật liệu đơn lớp GeX (X= S, Se, Te)	642
Nguyễn Văn Luật	
Xác định hệ số dẫn hiệu quả của mô hình vật liệu ba pha dạng nền cốt liệu elliptic hai lớp	651
Le Ngoc Ly, Nguyen Thi Phuong, Dang Thuy Dong, Nguyen Van Tien, Nguyen Thi Giang and Tran Quang Minh	
Nonlinear axisymmetric vibration of shear deformable FG-GPLRC shallow spherical caps with porous core	658
Đào Như Mai và Cao Văn Mai	
Phân tích động lực học sà lan giá búa có neo	667
Nguyễn Xuân Mãn, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Thành Nam và A.N.Pankratenco	
Trạng thái ứng suất-biến dạng trong khối đá xung quanh công trình ngầm tiết diện lớn khi tỷ số ứng suất nguyên sinh thay đổi	677
Phung Van Minh and Do Van Thom	
Dynamic response analysis of nanobeams resting on elastic foundations	688

Nguyễn Thành Nam, Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong và Đào Văn Tuyết	
Sự hình thành các vùng sụp lở đất đá trên biên đường hầm khi tiến hành khai đào	696
Nguyễn Thành Nam, Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong và Đào Văn Tuyết	
Về một số phương pháp đánh giá lún và chuyển vị ngang của nền đất khi thi công công trình ngầm	702
Pham Vu Nam, Vu Thị An Ninh, Trinh Thị Hien and Nguyen Dinh Kien	
Effect of different beam theories on dynamic response of BFGSW beams under a moving mass	713
Võ Văn Nam, Phạm Đức Thọ và Trần Thế Truyền	
Đánh giá, phân tích thực nghiệm ảnh hưởng của ăn mòn cốt thép trong cấu kiện dầm bê tông cốt thép đến sức kháng uốn của dầm	723
Vu Hoai Nam, Vu Tho Hung, Nguyen Thi Phuong, Nguyen Thi Thanh Xuan, Dang Thuy Dong and Vu Minh Duc	
Nonlinear buckling of spiral-corrugated FG-GRMMC laminated cylindrical shells under external pressure	731
Vu Hoai Nam, Nguyen Thi Phuong, Dang Thuy Dong, Vu Minh Duc, Nguyen Van Tien and Vu Tho Hung	
Nonlinear buckling of core-corrugated FG-CNTRC plates and cylindrical panels in thermal environment	741
Nghi Thai Le, Thanh Kim Lu, Vay Siu Lo and Thien Tich Truong	
The behavior analysis of bolted end-plate connections under static load by using finite element method	750
Nguyễn Phạm Thế Nhân, Bùi Hệ Thống, Hoàng Văn Thịnh, Trần Minh Sang, Đỗ Lê Hưng Toàn, Trần Ngọc Hải and Lưu Đức Bình	
Numerical simulation of the nanoindentation experiment for zinc polycrystal through crystal plasticity mode	759

Trương Đức Phúc, Hoàng Trung Kiên và Phạm Hồng Phúc	
Nghiên cứu tối ưu hóa thông số đúc phun vô thiết bị máy tính bảng	769
Dương Văn Quang, Trần Ngọc Đoàn, Đoàn Trắc Luật và Vũ Xuân Đức	
Tính toán tĩnh vô trụ nanocomposite có cơ tính biến thiên theo lý thuyết biến dạng cắt bậc cao có kể đến ứng suất pháp tuyến	779
Nguyễn Văn Quang và Nguyễn Trung Hiếu	
Ứng xử của dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn cốt thép do ion clorua	789
Đoàn Xuân Quý và Nguyễn Tiến Chương	
Sự làm việc chịu xoắn của kết cấu lõi nửa kín nhà nhiều tầng có xét tới ứng xử ngoài giới hạn đàn hồi của dầm nối	798
Cao Minh Quyền, Nguyễn Xuân Huy, Lê Nguyên Khương và Nguyễn Hữu Giang	
Ảnh hưởng của hình dạng tiết diện đến hiệu quả gia cường cột ngắn bê tông bằng bê tông cốt lưới dệt	808
Hà Trường Sang, Vũ Văn Chiên, Lê Đức Thanh, Nguyễn Trung Định và Nguyễn Mạnh Hùng	
Nghiên cứu tương tác giữa vật rắn biến dạng đàn hồi và dòng chảy không nén bằng phương pháp phần tử hữu hạn	818
Nguyễn Hồ Duy Tân, Nguyễn Như Bửu Đức, Nguyễn Thanh Nhã, Nguyễn Thị Mỹ Hiền và Trương Tích Thiện	
Nonlinear finite element approach for contact problems in hyper-elastic models	827
Nguyễn Hồng Thái, Nguyễn Duy Long và Lê Thị Ninh	
Ảnh hưởng góc lệch pha đến lưu lượng và áp suất khi ghép song song các bơm Roots: Loại biên dạng đỉnh rôto là cung tròn	837
Thanh Kim Lu, Vay Siu Lo and Thien Tich Truong	
Crack growth analysis in 2D structures using the Extended Finite Element Method	847

Pham Ngoc Thanh and Tran Ich Thinh

Vibroacoustic analysis of a finite simply supported double- composite sandwich plate filled with poroelastic materials 856

Vũ Bá Thành, Trần Anh Tuấn, Nguyễn Đình Hải và Nguyễn Xuân Lam

Phương pháp phase field với sử dụng phân rã trực giao thành phần ten-xơ biến dạng để dự đoán sự phát triển vết nứt trong vật liệu giòn 866

Nguyễn Hữu Thắng, Nguyễn Trang Minh và Chu Anh Mỹ

Mô-men truyền động ngấm của Pháo phòng không 37mm-2N khi bắn một thân pháo 875

Nguyễn Tất Thắng

Nghiên cứu sự phá huỷ của cấu kiện bê tông chịu nén và dầm bê tông chịu uốn 3 điểm, dựa trên mô phỏng số, sử dụng phương pháp phần tử rời rạc (DEM) 883

Vũ Văn Thắm, Trần Hữu Quốc và Trần Minh Tú

Phân tích dao động tự do của tấm bằng vật liệu xốp đượcgia cường bởi graphene platelet 893

Tien-Thinh Le and Johann Guilleminot

Influence of surface effect on the macroscopic properties of nanocomposite materials from a probabilistic standpoint 903

Tien-Thinh Le, Johann Guilleminot, Vuong Minh Le and Christian Soize

Virtual testing of polymer nanocomposites and identification of interphase zone using Molecular Dynamics simulation 912

Tran Ich Thinh, Ta Thi Hien and Pham Ngoc Thanh

Experimental investigation of the accuracy of a vibroacoustic model for clamped sandwich-composite plates 924

Tran Ich Thinh and Pham Ngoc Thanh

Prediction and Measurement of Sound Transmission Loss for Finite Clamped Composite Sandwich Plates 937

Tran Thi Thom and Nguyen Dinh Kien

Forced vibration of FG-CNTRC sandwich beams excited by a moving mass 947

Duong Thi Ngoc Thu, Nguyen Thai Chung, Hoang Xuan Luong and Truong Thi Huong Huyen	
Nonlinear Flutter Analysis of Functionally Graded Carbon Nanotubes Reinforced Composite Plates	957
Nguyễn Ngọc Tinh	
Pile raft foundation: a simple and rigorous approach	968
Ngô Văn Trung, Vũ Thị Ngọc Ánh và Phạm Chí Vĩnh	
Sự phân xạ của sóng qP đối với lớp trục hướng không nén được đặt trên bán không gian trục hướng nén được	978
Trần Minh Tú, Nguyễn Văn Long và Vũ Thu Trang	
Phân tích tĩnh tám chữ nhật bằng vật liệu rỗng bão hòa chất lỏng	988
Lại Hoàng Tuấn và Trương Tích Thiện	
Mô phỏng sự truyền nhiệt và hình thành ứng suất dư của mối hàn đường ống	998
Trần Anh Tuấn, Nguyễn Đình Hải và Nguyễn Hoàng Quân	
Tính toán mô phỏng độ thấm vĩ mô của vật liệu bê tông bằng phương pháp phần tử biên	1007
Trần Anh Tuấn, Vũ Bá Thành, Nguyễn Đình Hải và Nguyễn Tiến Dũng	
Phân tích đặc tính thủy lực trong môi trường vật liệu rỗng kép bằng phương pháp phần tử biên	1016
Le Quang Vinh, Nguyen Dong Anh and Nguyen Manh Cuong	
Dynamic analysis of FGM joined conical-cylindrical shells surrounded by Pasternak elastic foundations based on the Continuous Element Method	1025
Nguyễn Ngọc Vinh, Nguyễn Tiến Dũng và Nguyễn Đình Đức	
Nghiên cứu mối quan hệ giữa mất mát ứng suất và sự phát triển vi cấu trúc của vật liệu thép cường độ cao	1035
Pham Cong Vinh, Manh Cuong Nguyen, Nguyen Tuan Hai and Le Quang Vinh	
Dynamic analysis of FGM ring-stiffness cylindrical shells via Continuous Element Method	1045

Pham Van Vinh, Doan Trac Luat, Phung Van Minh and Tran Van Ke

Free vibration analysis of nano-scale functionally graded beams using nonlocal elasticity theory with variable nonlocal parameter 1054

Phạm Văn Vinh, Đỗ Văn Thơm và Trần Trung Thành

Phân tích uốn tĩnh của dầm FGM có lỗ rỗng sử dụng phân tử dầm hỗn hợp dựa trên lý thuyết biến dạng cắt bậc nhất 1064

Ngô Khắc Yên, Lê Đức Trí và Đặng Hữu Phước

Nghiên cứu xây dựng mô hình bài toán thuật phóng ngoài cho đạn có dây 1074

CHỈ DẪN TRA CỨU TÊN TÁC GIẢ

1083

TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG TRONG KHỐI ĐÁ XUNG QUANH CÔNG TRÌNH NGẦM TIẾT DIỆN LỚN KHI TỶ SỐ ỨNG SUẤT NGUYÊN SINH THAY ĐỔI

Nguyễn Xuân Mãn^{1,*}, Trần Tuấn Minh¹, Nguyễn Thành Nam² và A.N. Pankratenco³

¹Đại học Mỏ - Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội

²Bộ Xây dựng, 37 Lê Đại Hành, Hai Bà Trưng, Hà Nội

³Đại học Tổng hợp Quốc gia Moscow, số 6 Đại lộ Lê Nin, Moscow (Nitu MiSiS)

*Email: *mannxdoky@gmail.com

Tóm tắt. Công trình ngầm tiết diện lớn được xây dựng ở nhiều quốc gia khác nhau trên thế giới. Chúng được sử dụng cho các mục đích khác nhau như: thủy điện, giao thông, khai thác mỏ và các mục đích khác. Tuy nhiên việc nghiên cứu và hiểu biết về trạng thái ứng suất - biến dạng xung quanh công trình ngầm tiết diện lớn khi thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu trong khối đá để thiết kế và tính toán ổn định công trình ngầm thì còn nhiều hạn chế. Bài báo giới thiệu việc nghiên cứu trạng thái ứng suất - biến dạng xung quanh công trình ngầm tiết diện lớn với các hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu khác nhau trên cơ sở phương pháp số và dự báo áp lực đất đá sau khi khai đào công trình ngầm.

Từ khóa: Hàm tiết diện lớn, ứng suất - biến dạng, công trình ngầm, ứng suất nguyên sinh, áp lực đất đá.

1. Mở đầu

Trong các nghiên cứu của của các tác giả nước ngoài như C.H. Власов (2005) [5], B.M. Мостков (1963) [6], Б.А.Картозия (2001) [7], А.Н. Панкратенко (2002) [9] đã chỉ ra rằng: Các thành phần ứng suất nguyên sinh ban đầu có quan hệ tới sự biến đổi cơ học trong lòng khối đất đá xung quanh đường hầm. Các thành phần ứng suất ban đầu liên quan đến hình dạng và kích thước vùng biến dạng dẻo, vùng phá hủy cũng như áp lực đất đá tác dụng lên kết cấu chống giữ đường hầm sau khi đường hầm được khai đào. Hầu hết các công trình trên đều sử dụng phương pháp giải tích trong cơ học môi trường liên tục để giải quyết bài toán với giả thuyết khối đá quanh đường hầm là đàn hồi, đồng nhất và đẳng hướng. Kết quả rút ra không thể đúng trong thực tế khi mà khối đá bao quanh công trình ngầm bị phân lớp, nứt nẻ. Các phương pháp giải tích tính toán cũng còn ít quan tâm đến vấn đề: Khi thay đổi các thành phần ứng suất nguyên sinh thì ứng suất thứ sinh sẽ thay đổi ra sao. Ở Việt Nam các tác giả Nghiêm Hữu Hạnh (2004), Nguyễn Quang Phích (2006), Võ Trọng Hùng (2008) cũng đã quan tâm đến sự phân bố trường ứng suất thứ sinh trong khối đá xung quanh khi đào hầm. Thông thường với các bài toán phân tích bằng giải tích, giả thiết ban đầu thường coi là bài toán phẳng và bỏ qua thành phần ứng suất dọc trục $\sigma_z = 0$ và thường chỉ quan tâm đến tỷ số ứng suất nguyên sinh nằm

ngang và thẳng đứng $\sigma_3/\sigma_1 = 1$. Với các bài toán thông thường thì tỷ số $\sigma_3/\sigma_1 \leq 1$. Tuy nhiên, trong thực tế ở nhiều nơi bằng các dụng cụ đo đạc người ta đo được giá trị của tỷ số này là lớn hơn 1 thậm chí nhiều trường hợp còn lớn hơn 2, điều này được giải thích rằng khi đó khối đá bị chốt giữ theo phương ngang trong khi đó áp lực theo phương thẳng đứng lại giảm, hoặc ở các vị trí bờ dốc hoặc gần bề mặt đất. Công bố của Trần Tuấn Minh (2018) [3] đã bước đầu đề cập đến vấn đề ảnh hưởng của trường ứng suất nguyên sinh đến trường ứng suất thứ sinh. Hiện nay việc sử dụng các phần mềm tính toán được thiết lập trên cơ sở sử dụng các phương pháp của cơ học môi trường không liên tục (phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp sai phân và biến phân,..) được quan tâm trong ngành xây dựng nói chung và trong xây dựng công trình ngầm nói riêng. Trên cơ sở đó, bài viết này đã sử dụng phần mềm “Phase 2” để phân tích sự thay đổi của trường ứng suất - biến dạng thứ sinh khi tỷ số ứng suất nguyên sinh thay đổi là điều cần thiết.

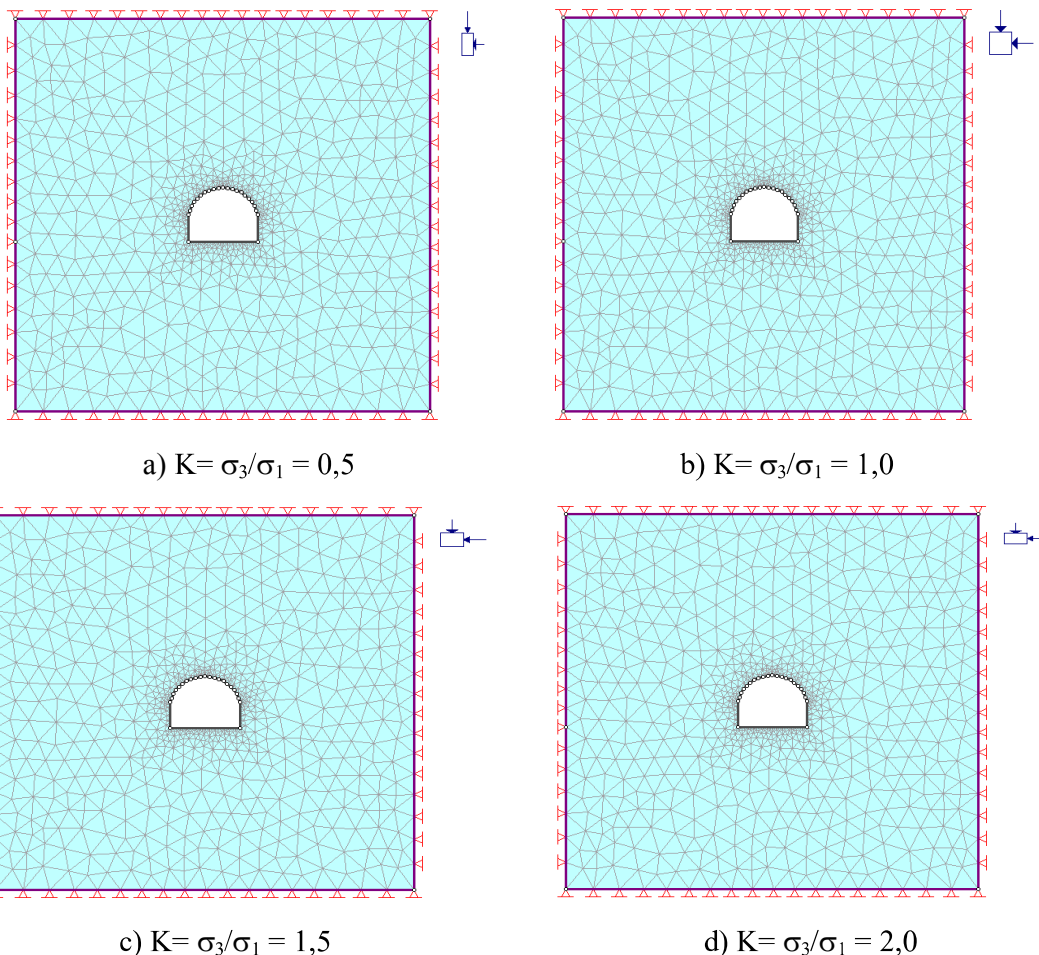
2. Điều kiện đầu vào cho phân tích

Giả sử một đường hầm có chiều rộng $B=10\text{m}$, chiều cao $h=8\text{m}$ được đào trong khối đá có các đặc điểm như trong bảng 1.

Bảng 1. Các tham số đầu vào cho bài toán phân tích bằng phần mềm số Phase 2

STT	Tham số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Dung trọng đất đá	γ	MN/m^3	0,026
2	Độ bền nén khối đá	σ_k	MPa	0,01
3	Lực dính kết khối đá	c	MPa	0.05
4	Góc ma sát trong khối đá	φ	Độ	25
5	Mô đun đàn hồi	E	MPa	1200
6	Hệ số Poisson	μ	-	0,25
7	Góc dẫn nở	ψ	Độ	0
8	Góc ma sát trong dư	φ_{re}	Độ	26
9	Lực dính kết dư	c_{re}	MPa	0,5
10	Chiều rộng công trình ngầm	B	m	10
11	Chiều cao công trình ngầm	h	m	8
12	Loại vật liệu	Dẻo	-	-
13	Tiêu chuẩn sử dụng	Mohr - Coulomb	-	-
14	Hệ số ứng suất nguyên sinh	$K = \sigma_3/\sigma_1$	-	0,5; 1,0; 1,5; 2,0
15	Độ sâu đặt công trình ngầm	H	50	m
16	Bài toán có xem xét đến trọng lượng đất đá và trạng thái ứng suất nguyên sinh			

Mô hình phân tích chỉ ra trên hình 1.



Hình 1. Mô hình phân tích bằng phần mềm Phase 2 khi hệ số ứng suất nguyên sinh K thay đổi

3. Các kết quả sau phân tích bằng Phase 2

Hiện nay các phần mềm thương mại AutoCAD, Revits, ArchiCAD, SketchUp Pro2019, SAP2000, ETABS, STADD-III, ... được sử dụng rộng rãi trong quy hoạch xây dựng, kiến trúc và thiết kế kết cấu công trình. Một số phần mềm dùng trong phân tích quá trình thi công để chọn phương án thi công tối ưu như EZStrobe (ngôn ngữ lập trình Stroboscope), phần mềm MSProject sử dụng trong quản lý dự án xây dựng, tính toán chi phí nguyên vật liệu, lập dự toán thi công như và lập tiến độ thi công. Plaxis là phần mềm chuyên về phân tích trạng thái ứng suất-biến dạng, xác định chuyển vị và đánh giá ổn định của hố móng sâu trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH). Phần mềm Geo-Slope chuyên về phân tích ổn định mái dốc. Phần mềm Phase2 của Hãng Rocscience chuyên dụng tính toán thiết kế hầm và công trình ngầm. Phase2 là phần mềm được viết trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn, có thể sử dụng để phân tích ổn định (ứng suất, biến dạng, hệ số an toàn...) của công trình ngầm thi công trong khối đất, đá; các công trình thi công trên bề mặt khối đất, đá như các mỏ lộ thiên, các bờ dốc ...v.v.

Bảng 2. Các giá trị ứng suất σ_1 và σ_3 sau khi phân tích ở các vị trí khác nhau xung quanh đường hầm bằng phần mềm Phase 2 khi thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh $K = \sigma_3/\sigma_1$

TT	Hệ số $K = \sigma_3/\sigma_1$	Vị trí trên mặt cắt	Giá trị σ_1 , MPa ở các vị trí					Giá trị σ_3 , Mpa				
			0,0 m	5m	10m	15m	20m	0m	5m	10m	15m	20m
1	0.50	I	1.95	1.50	1.35	1.20	1.20	0.12	0.52	0.60	0.60	0.60
		II	1.20	1.05	0.90	0.75	0.60	0.04	0.36	0.36	0.36	0.28
		III	0.60	0.60	0.60	0.45	0.45	0.00	0.48	0.48	0.36	0.28
		IV	1.20	1.05	0.90	0.75	0.60	0.04	0.36	0.36	0.36	0.28
		V	1.95	1.50	1.35	1.20	1.20	0.12	0.52	0.60	0.60	0.60
		VI	2.55	1.50	1.50	1.50	1.65	0.68	0.60	0.68	0.72	0.76
		VII	0.00	0.75	1.05	1.35	1.65	0.00	0.56	0.84	0.88	0.92
		VIII	2.55	1.50	1.50	1.50	1.65	0.68	0.60	0.64	0.72	0.76
2	1.00	I	1.80	1.50	1.35	1.20	1.20	0.08	0.80	1.04	1.04	1.12
		II	1.65	1.20	0.90	0.75	0.60	0.08	0.64	0.72	0.64	0.56
		III	1.65	1.20	0.90	0.75	0.60	0.00	0.56	0.64	0.56	0.48
		IV	1.65	1.20	0.90	0.75	0.60	0.08	0.64	0.72	0.64	0.56
		V	1.80	1.50	1.35	1.20	1.20	0.08	0.80	1.04	1.04	1.12
		VI	3.00	1.65	1.50	1.65	1.65	1.04	1.12	1.36	1.44	1.60
		VII	0.75	1.65	1.65	1.80	1.80	0.00	0.64	1.20	1.44	1.60
		VIII	3.00	1.65	1.50	1.65	1.65	1.12	1.12	1.36	1.44	1.60
3	1.50	I	1.50	1.50	1.50	1.50	1.65	0.08	1.04	1.28	1.20	1.20
		II	1.80	1.80	1.35	1.20	1.05	0.08	0.72	0.72	0.64	0.56
		III	1.65	1.80	1.35	1.05	0.9	0.08	0.72	0.72	0.64	0.40
		IV	1.80	1.80	1.35	1.20	1.05	0.08	0.72	0.72	0.64	0.56
		V	1.35	1.50	1.50	1.50	1.65	0.08	1.04	1.28	1.20	1.20
		VI	3.30	2.10	2.10	2.25	2.40	1.04	1.28	1.36	1.52	1.60
		VII	1.50	2.55	2.55	2.55	2.70	0.00	0.72	1.28	1.52	1.68
		VIII	3.45	2.10	2.10	2.25	2.40	1.04	1.28	1.36	1.52	1.60

TT	Hệ số $K = \sigma_3/\sigma_1$	Vị trí trên mặt cắt	Giá trị σ_1 , MPa ở các vị trí					Giá trị σ_3 , Mpa				
			0,0 m	5m	10m	15m	20m	0m	5m	10m	15m	20m
4	2,00	I	1.20	1.50	1.80	1.95	1.95	0.10	1.09	1.27	1.27	1.18
		II	1.80	2.40	1.95	1.65	1.35	0.10	0.64	0.73	0.64	0.55
		III	1.65	2.55	1.80	1.50	1.20	0.01	0.91	0.82	0.73	0.55
		IV	1.80	2.40	1.95	1.65	1.35	0.10	0.64	0.73	0.64	0.55
		V	1.05	1.50	1.80	1.95	1.95	0.10	1.09	1.27	1.27	1.18
		VI	3.30	2.70	2.85	3.00	3.33	1.00	1.18	1.36	1.45	1.54
		VII	1.65	3.45	3.45	3.45	3.60	0.01	0.82	1.45	1.63	1.72
		VIII	3.30	2.70	2.85	3.00	3.33	1.00	1.18	1.36	1.45	1.54

Chương trình cung cấp các mô hình đất đá khác nhau như Mohr-Coulomb, DruckerPrager, Cam-Clay và đặc biệt là mô hình Hoek Brown. Mô hình Hoek Brown dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm trên các loại đá khác nhau từ năm 1980 và cập nhật liên tục dựa trên các số liệu có được từ các dự án thi công hầm thực tế trên thế giới. Các chức năng cơ bản của Phase2 bao gồm: Chức năng lập mô hình (Modeling); Chức năng chia lưới (Mesh Generation); Chức năng tạo trường ứng suất ban đầu (Field Stress); Chức năng gán tải trọng (Load); Chức năng thiết lập đặc tính vật liệu (Material Properties); Chức năng mô phỏng kết cấu chống (Support); Chức năng biểu diễn kết quả (Data Interpretations); Chức năng xuất dữ liệu ra file hoặc ảnh (Exporting Data and Images). Ở Việt Nam, chương trình Phase2 đã được nghiên cứu, đưa vào giảng dạy tại trường đại học Mỏ Địa chất.

Với những điều trình bày trên đây cũng như ưu điểm nổi bật về tính chuyên sâu trong phân tích trạng thái ứng suất-biến dạng của nền đá quanh đường hầm nên trong bài viết này các tác giả sử dụng phần mềm Phase2 để phân tích. Các giá trị ứng suất và biến dạng tại các vị trí khác nhau (I, II, III,..VII và VIII) của các mặt cắt a_1 đến a_4 và b_1 đến b_4 tương ứng với các hệ số ứng suất nguyên sinh K lần lượt là 0.5, 1.0, 1.5 và 2.0 (xem hình 2) được chỉ ra trong bảng 2. Kết quả phân tích bài toán trên bằng phần mềm Phase 2 đã thu được biểu đồ phân bố ứng suất thứ sinh theo phương thẳng đứng (hình 2a) và theo phương nằm ngang (hình 2b) trên một đơn vị diện tích xung quanh công trình ngầm với sự thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu (hình 2 và hình 3).

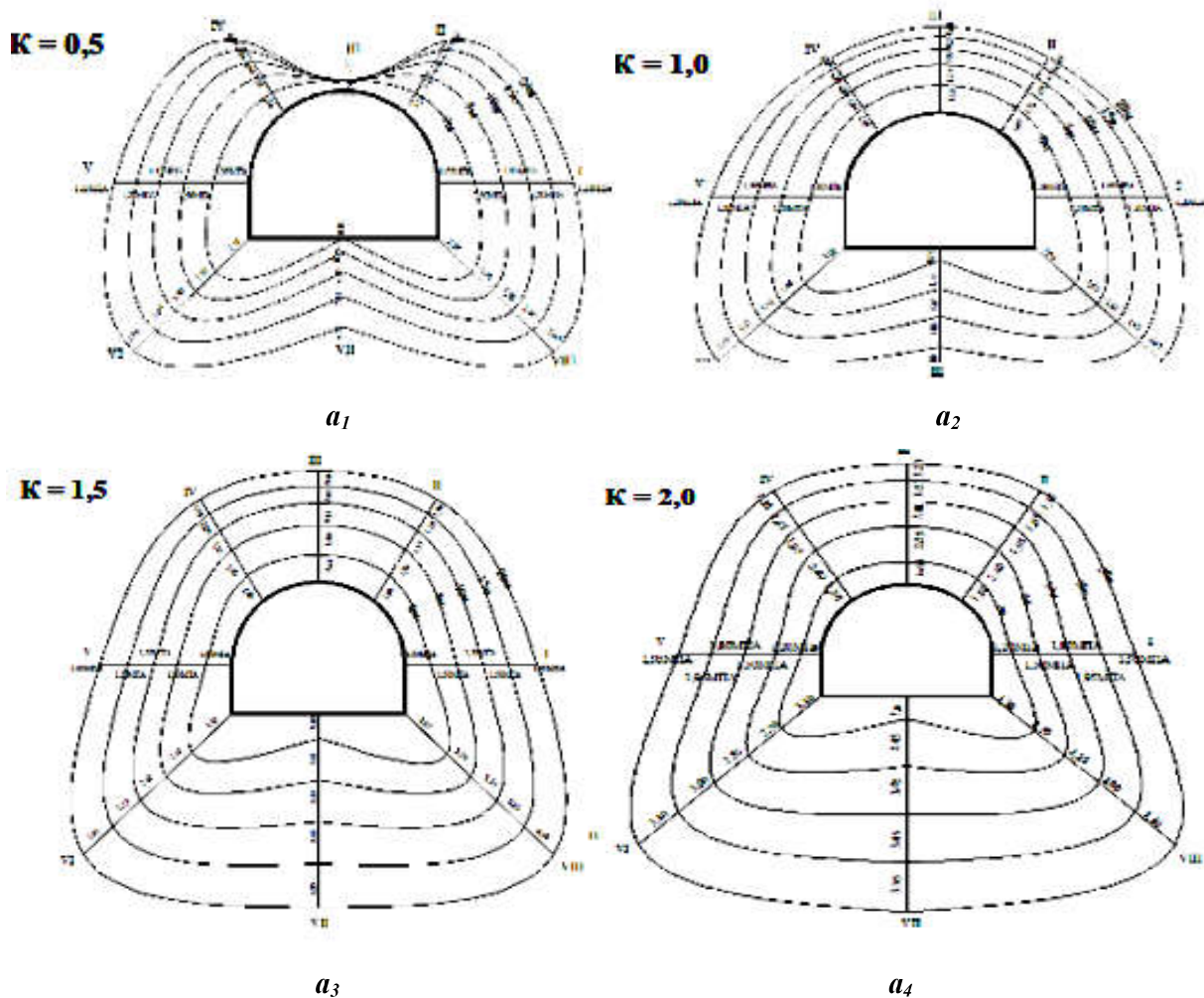
Khi thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh K thì các giá trị biến dạng ϵ_{xy} cũng thay đổi theo và giảm dần từ biên đường hầm vào trong lòng khối đá. Các giá trị biến dạng sau phân tích cho trong bảng 3.

Bảng 3. Các giá trị tổng biến dạng ε_{xy} ở các vị trí khác nhau xung quanh đường hầm bằng phần mềm Phase 2 khi thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu σ_3/σ_1 .

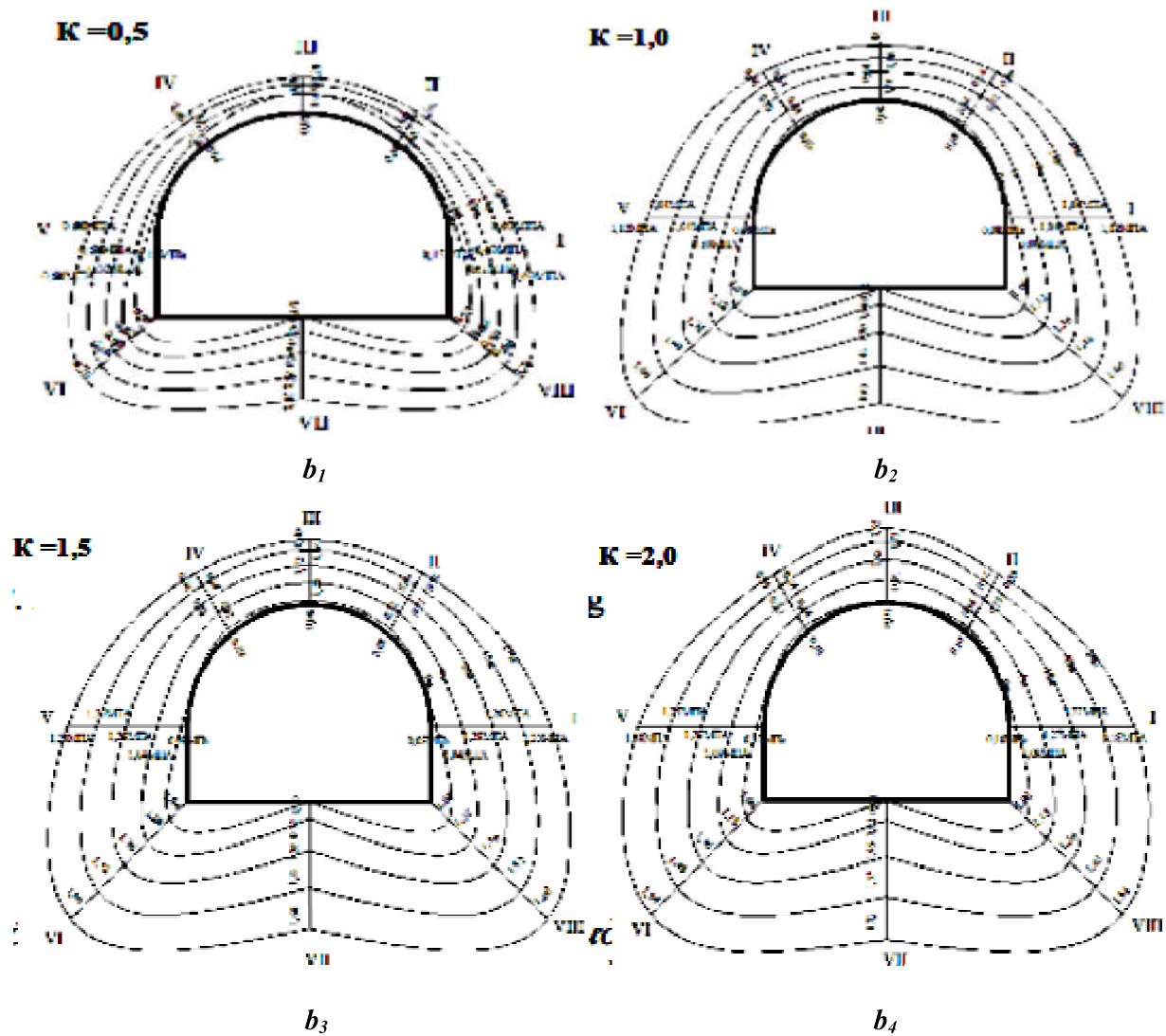
TT	Hệ số $K = \sigma_3/\sigma_1$	Vị trí trên mặt cắt	Giá trị tổng biến dạng ε_{xy} , m				
			0m	5m	10m	15m	20m
1	0.50	I	$2.50 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$	0.00	0.00	0.00
		II	$6.00 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		III	$7.00 \cdot 10^{-3}$	$4.00 \cdot 10^{-3}$	$2.50 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		IV	$6.00 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		V	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$	0.00	0.00	0.00
		VI	$4.00 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		VII	$1.10 \cdot 10^{-2}$	$6.00 \cdot 10^{-3}$	$3.50 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$
		VIII	$3.50 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
2	1.00	I	$6.75 \cdot 10^{-3}$	$2.70 \cdot 10^{-3}$	$1.35 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-4}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
		II	$6.30 \cdot 10^{-3}$	$2.70 \cdot 10^{-3}$	$1.80 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-4}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
		III	$6.30 \cdot 10^{-3}$	$2.70 \cdot 10^{-3}$	$1.80 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-4}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
		IV	$6.30 \cdot 10^{-3}$	$2.70 \cdot 10^{-3}$	$1.80 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-4}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
		V	$6.75 \cdot 10^{-3}$	$2.70 \cdot 10^{-3}$	$1.35 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-4}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
		VI	$4.05 \cdot 10^{-3}$	$2.25 \cdot 10^{-3}$	$1.80 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-4}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
		VII	$1.08 \cdot 10^{-2}$	$5.40 \cdot 10^{-3}$	$3.15 \cdot 10^{-3}$	$1.80 \cdot 10^{-3}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
		VIII	$4.05 \cdot 10^{-3}$	$2.70 \cdot 10^{-3}$	$1.35 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-4}$	$4.50 \cdot 10^{-4}$
3	1.50	I	$1.11 \cdot 10^{-2}$	$5.50 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		II	$8.50 \cdot 10^{-3}$	$3.50 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		III	$6.50 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		IV	$8.50 \cdot 10^{-3}$	$3.50 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		V	$1.11 \cdot 10^{-2}$	$5.50 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		VI	$6.00 \cdot 10^{-3}$	$3.50 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$
		VII	$1.20 \cdot 10^{-2}$	$5.00 \cdot 10^{-3}$	$2.50 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$5.00 \cdot 10^{-4}$
		VIII	$6.00 \cdot 10^{-3}$	$3.50 \cdot 10^{-3}$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$
4	2.00	I	$1.65 \cdot 10^{-2}$	$9.00 \cdot 10^{-3}$	$5.25 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$
		II	$1.28 \cdot 10^{-2}$	$4.50 \cdot 10^{-3}$	$2.25 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$7.50 \cdot 10^{-4}$
		III	$8.25 \cdot 10^{-3}$	$7.50 \cdot 10^{-4}$	0.00	0.00	0.00

TT	Hệ số $K = \sigma_3/\sigma_1$	Vị trí trên mặt cắt	Giá trị tổng biến dạng ϵ_{xy} , m				
			0m	5m	10m	15m	20m
		IV	$1.28 \cdot 10^{-2}$	$4.50 \cdot 10^{-3}$	$2.25 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$7.50 \cdot 10^{-4}$
		V	$1.65 \cdot 10^{-2}$	$9.00 \cdot 10^{-3}$	$5.25 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$
		VI	$1.05 \cdot 10^{-2}$	$5.25 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$2.25 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$
		VII	$1.50 \cdot 10^{-2}$	$3.75 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$	$7.50 \cdot 10^{-4}$	0.00
		VIII	$1.05 \cdot 10^{-2}$	$5.25 \cdot 10^{-3}$	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$2.25 \cdot 10^{-3}$	$1.50 \cdot 10^{-3}$

Từ bảng 2 và bảng 3 cũng như các biểu đồ trên hình 2 và hình 3 thấy rằng, các giá trị σ_1 lớn nhất biên hầm và càng giảm dần ra xa biên hầm và σ_3 sẽ tăng dần từ biên hầm ra xa trong khối đá ở vị trí xấp xỉ $2B$ ($4R$) thì chúng là hằng số không đổi. Sau phân tích chúng ta thu được mối quan hệ giữa ứng suất thẳng đứng và nằm ngang từ biên hầm với sự thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu như trong hình vẽ 2.



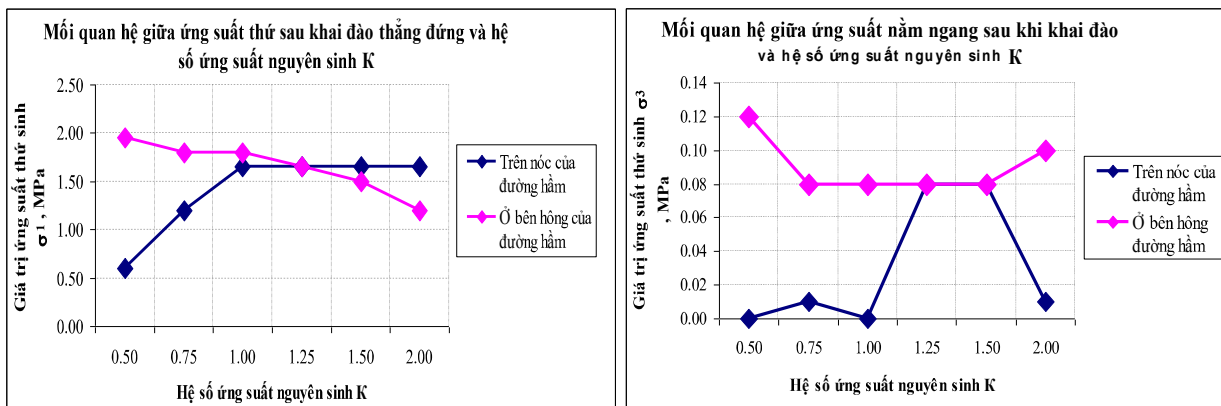
Hình 2a .Phân bố ứng suất thẳng đứng

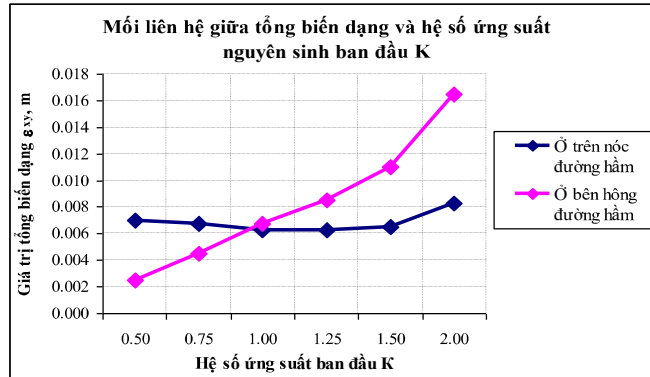


2b. Phân bố ứng suất nằm ngang

Hình 2. Thay đổi trạng thái ứng suất-biến dạng khi thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh K

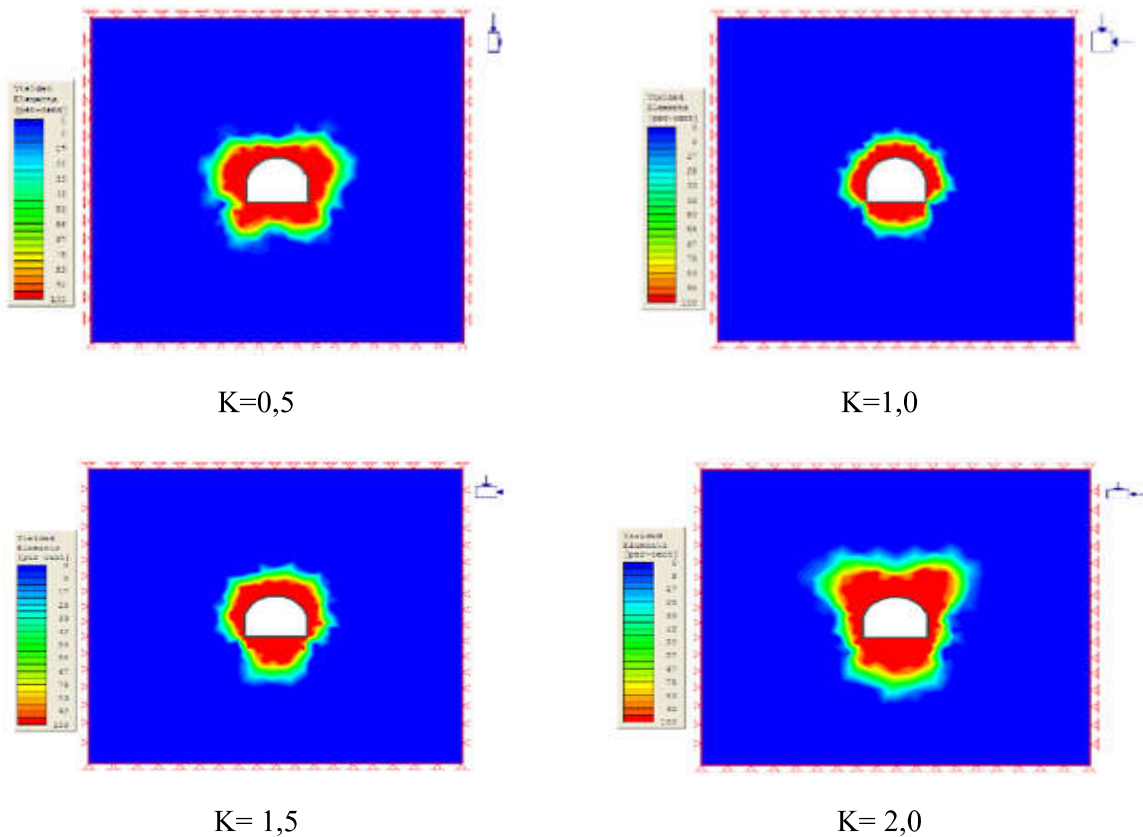
Sau khi phân tích ta thu được quy luật mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng trên biên ở nóc và nền đường hầm với các hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu như trong hình 3.





Hình 3. Quan hệ giữa ứng suất-biến dạng và hệ số ứng suất nguyên sinh K

Khi thay đổi hệ số ứng suất nguyên sinh $K = \sigma_3/\sigma_1$, thì kích thước vùng phá hủy và vùng biến dạng dẻo cũng bị thay đổi (xem hình 4). Do đó, áp lực đất đá xung quanh đường hầm cũng bị thay đổi theo sự biến đổi của hệ số ứng suất nguyên sinh. Điều này có ý nghĩa lớn đối với việc phân tích, thiết kế và tính toán kết cấu chống giữ đường hầm sau này. Trên cơ sở kết quả phân tích bằng “Phase 2”, chúng ta có thể quan sát được vùng phá hủy xung quanh đường hầm với các hệ số ứng suất nguyên sinh khác nhau như trong hình 4.



Hình 4. Vùng phá hủy và biến dạng dẻo xung quanh đường hầm với các hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu khác nhau

Quan sát các kết quả vùng phá huỷ và số lượng các phần tử phá huỷ có thể thấy rằng: diện tích vùng phá huỷ thay đổi khi tỷ số ứng suất nguyên sinh thay đổi, khi tỷ số ứng suất $K = 0,75$ và $K = 1,0$ hình dạng của chúng gần như cân bằng và có tính đối xứng. Nếu chấp nhận lý thuyết vùng đất đá long ròi, có thể bị phá huỷ gây ra tải trọng đối với kết cấu chống giữ công trình ngầm thì trong trường hợp này tải trọng và áp lực tác dụng lên vỏ hầm được coi là đối xứng. Tuy nhiên, trong thực tế môi trường đất đá có sự sai khác về tỷ số ứng suất thì áp lực tính toán đối với kết cấu chống cũng thay đổi. Kết quả phân tích bằng “Phase 2” chỉ ra điều này một cách rõ ràng hơn, giúp cho người thiết kế có một cái nhìn tổng quát hơn, chính xác hơn trong khi thiết kế kết cấu chống giữ sau này.

4. Kết luận và kiến nghị

- Sau khi phân tích có thể chỉ ra rằng, hệ số ứng suất nguyên sinh ban đầu có ảnh hưởng lớn đến ứng suất và biến dạng sau khi khai đào công trình ngầm trong khối đất đá xung quanh công trình ngầm.

- Nếu trạng thái ứng suất nguyên sinh ban đầu bị thay đổi thì giá trị và phương hướng của các thành phần ứng suất sau khi khai đào cũng lập tức thay đổi theo. Khi giá trị ứng suất nguyên sinh ban đầu xấp xỉ bằng 1 ($K \approx 1$), ứng suất trên biên ở trên nóc và nền của đường hầm gần như nhau hay là tải trọng có tính chất đối xứng.

- Khi $K = 1,5 \div 2,0$ chúng ta thấy rằng giá trị ứng suất ở trên biên ở phía nóc đường hầm sẽ tăng lên, kết quả này phù hợp với các công trình nghiên cứu của B.П. Абрамчук, С.Н. Власов, В.М. Мостков [1, 4, 5].

- Khi $K < 1,0$ vùng áp lực đất đá có hình dạng tương tự như lý thuyết tính toán áp lực của Б.А.Картозия, М.М. Протодиаконов [6,7]. Sau khi phân tích chúng ta cũng có thể thu được quy luật biến đổi của ứng suất sau khai đào như trong hình 2. Quan sát hình 2 chỉ ra rằng, giá trị ứng suất lớn nhất nhận được khi $K = 2,0$ và nhỏ nhất khi $K = 0,5$. Kết quả này cũng hoàn toàn hợp lý với các kết quả nghiên cứu trước đây [1, 2, 4, 5, 7].

- Kết quả này cũng là cơ sở ban đầu để phân tích và tính toán ổn định công trình ngầm có mặt cắt ngang lớn khai đào trong đất đá có tính phân lớp và có sự thay đổi ứng suất nguyên sinh kiến tạo ban đầu hay gặp trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quang Phích, *Cơ học đá*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, (2006).
- [2] Nghiêm Hữu Hạnh, *Cơ học đá*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, (2004).
- [3] Trần Tuấn Minh, *bài giảng tin học ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và mỏ*, bộ môn Xây dựng công trình ngầm và Mỏ, Hà Nội (2018)
- [4] Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc, *Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, (2008).
- [5] В.П. Абрамчук, С.Н. Власов, В.М. Мостков, *Подземные сооружения*, Недра, Москва, (2005).
- [6] В.М. Мостков, *Строительство подземных сооружений большого сечения*, Москва, (1963).

[7] Б.А.Картозия, Б.И. Федунец, М.И. Шуплик, Ю.Н. Малышев, В.И. Смирнов, В.Г. Лернер, Ю.П. Рахманинов, А.В. Корчак, Б.А. Филимонов, В.И. Резуненко, А.М. Левицкий, *Шахтное и подземное строительство*, Том 1, Издательство Академии горных наук, Москва, (2001).

[8] Б.А. Картозия, *Основы освоения подземного пространства*, Иллюстрационное приложение к конспекту лекций, МГГУ, (2006).

[9] А.Н. Панкратенко, *Обоснование и разработка параметров ресурсосберегающих технологий строительства подземных выработок большого поперечного сечения*, док., диссертация, Москва, (2002).

[10] Desai.C.S., *Introduction to the finite element method*, New York, (1972).

[11] В.Н.Г. Brady and E.T. Brown, *Rock mechanics for underground mining*, Moscow, (2004).

[12] Dimitrios Kolymbas, *Tunnelling and tunnel mechanics*, Springer, Verlag Berlin Heidelberg Germany, (2005).

[13] <http://www.roscience.com>

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

Địa chỉ: Phường Tân Thịnh - Thành phố Thái Nguyên - Tỉnh Thái Nguyên

Điện thoại: 0208 3840023; Fax: 0208 3840017

Website: nxb.tnu.edu.vn * E-mail: nxb.dhtn@gmail.com

TUYỂN TẬP CÔNG TRÌNH

Hội nghị Khoa học toàn quốc Cơ học Vật rắn lần thứ XV

TP. Thái Nguyên, ngày 24, 25 tháng 9 năm 2021

Chịu trách nhiệm xuất bản:

TS. PHẠM QUỐC TUẤN

Giám đốc - Tổng biên tập

Biên tập: HOÀNG ĐỨC NGUYỄN

Thiết kế bìa: LÊ THÀNH NGUYỄN

Chế bản: ĐÀO THÁI SON

Sửa bản in: HOÀNG ĐỨC NGUYỄN

Đối tác liên kết xuất bản

Hội Cơ học vật rắn – Hội Cơ học Việt Nam

(Địa chỉ: 264 Đội Cấn, Ba Đình, Hà Nội)

ISBN: 978-604-9987-74-8

In 100 cuốn, khổ 19 x 27 cm, tại Xưởng in - Nhà xuất bản Đại học Thái Nguyên (Địa chỉ: Phường Tân Thịnh - Thành phố Thái Nguyên - Tỉnh Thái Nguyên). Giấy phép xuất bản số: 3091-2021/CXBIPH/02-153/ĐHTN. Quyết định xuất bản số: 207/QĐ-NXBĐHTN, ngày 23/9/2021. In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2021.