

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Do sự phát triển kinh tế và quốc phòng, công trình ngầm ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong thực tế, do đó việc nghiên cứu, hoàn thiện các phương pháp tính toán và thiết kế công trình ngầm là vấn đề có ý nghĩa thực tế rất quan trọng.

Do tính chất phức tạp của bài toán tính kết cấu công trình ngầm có xét đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường đất đá xung quanh nên các phương pháp tính toán truyền thống của công trình ngầm thường bỏ qua ảnh hưởng tính lưu biến của môi trường. Đây chính là một trong những nguyên nhân của việc một số công trình ngầm hiện nay bị xuống cấp, lún nứt sau một thời gian đưa vào sử dụng.

Vì vậy vấn đề **□ Tính toán kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn có xét đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá xung quanh □** đặt ra của luận án có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, đặc biệt trong lĩnh vực xây dựng công trình quốc phòng.

2. Mục đích của luận án

Nghiên cứu tính toán kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn tiếp xúc với môi trường đá xung quanh có xét đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường.

3. Nội dung của luận án

- Nghiên cứu và lựa chọn các mô hình lưu biến thích hợp đối với môi trường đá xung quanh công trình ngầm;
- Nghiên cứu trạng thái ứng suất- biến dạng của môi trường đá xung quanh công trình ngầm tiết diện tròn trước và sau khi xuất hiện khoang hầm và vỏ hầm có xét đến những ảnh hưởng lưu biến của môi trường;
- Nghiên cứu trạng thái nội lực-chuyển vị của kết cấu vỏ hầm đặt trong môi trường đá có xét đến lưu biến của môi trường;
- Nghiên cứu bằng số về ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá đến trạng thái nội lực của kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn tiếp xúc với môi trường;
- Kết luận về các kết quả nghiên cứu mới của luận án và nêu ra phương hướng nghiên cứu tiếp theo, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

4. Phạm vi nghiên cứu của luận án

Để phù hợp với mục đích nghiên cứu, luận án chỉ xét đến các công trình ngầm đặt sâu trong môi trường đá, đảm bảo đủ điều kiện để thi công theo phương án đào ngầm. Thuật ngữ “kết cấu công trình ngầm” sử dụng trong luận án được thống nhất hiểu theo nghĩa hẹp, là kết cấu lớp vỏ chống giữ công trình ngầm (vỏ hầm), nằm phía trong khối đá xung quanh công trình ngầm, thi công ở dạng liền khối bằng các loại vật liệu như bê tông, bê tông cốt thép...

Trong luận án chỉ tập trung nghiên cứu trạng thái ứng suất- biến dạng của môi trường đá xung quanh công trình ngầm có tiết diện tròn và trạng thái nội lực-chuyên vị của kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn có xét đến lưu biến của môi trường. Các công trình ngầm tiết diện tròn được sử dụng phổ biến và phù hợp trong các lĩnh vực giao thông (hầm đường bộ, hầm đường sắt), thủy lợi- thủy điện (hầm dẫn dòng, hầm dẫn nước) và một số công trình ngầm quân sự có công năng đặc biệt. Các công trình ngầm có tiết diện dạng không tròn có thể sẽ được đề cập đến trong các công trình nghiên cứu khác.

5. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thử nghiệm số trên máy tính.

6. Cấu trúc của luận án

Luận án gồm có:

- Mở đầu
- Chương 1: Tổng quan
- Chương 2: Phân tích và lựa chọn các mô hình lưu biến thích hợp đối với môi trường đá xung quanh công trình ngầm.
- Chương 3: Nghiên cứu trạng thái ứng suất – biến dạng của môi trường đá xung quanh công trình ngầm tiết diện tròn có kể đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường.
- Chương 4: Nghiên cứu bằng số về ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá đến trạng thái nội lực của kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn tiếp xúc với môi trường
- Kết luận.

NỘI DUNG CHÍNH CỦA LUẬN ÁN

Chương 1 TỔNG QUAN

Trình bày tổng quan về lưu biến và các phương pháp tính toán kết cấu công trình ngầm, đi sâu tìm hiểu các phương pháp có kể đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường đất đá hoặc kết cấu công trình ngầm, từ đó rút ra những vấn đề cần được tiếp tục nghiên cứu và phát triển. Qua các nội dung nghiên cứu tổng quan, rút ra một số kết luận:

- Việc nghiên cứu các phương pháp tính toán công trình ngầm có kể đến tính lưu biến của môi trường đất đá nói chung và môi trường đá nói riêng rất có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.
- Hướng nghiên cứu tính toán kết cấu công trình ngầm có xét đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường đất đá xung quanh mới được nghiên cứu nên kết quả đạt được còn ít, chưa phản ánh đầy đủ sự làm việc thực của công trình ngầm và môi trường.

Trên cơ sở những hạn chế mà phần tổng quan đã nêu lên, tác giả luận án tập trung vào vấn đề: □ *Tính toán kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn có xét*

đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá xung quanh. Phương pháp tính toán là lời giải giải tích kết hợp với các phương pháp số.

Ch- ơng 2 PHÂN TÍCH VÀ LỰA CHỌN CÔNG MÔ HÌNH LƯU BIẾN THÍCH HỢP CHO VIỆC MÃI TRỞNG CÔNG XUNG QUANH CẢNG TRẦN NGŨM

Đặt vấn đề

Môi trường đá có cấu tạo rất phức tạp, luôn chịu ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên. Các tính chất cơ học của chúng thay đổi theo không gian và thời gian. Các công trình ngầm được xây dựng trong môi trường đá cần phải biết được những quy luật biến đổi cơ học của môi trường, từ đó mới có thể xây dựng được các mô hình tính phù hợp với công trình ngầm, phản ánh đúng trạng thái ứng suất- biến dạng cho môi trường đá xung quanh công trình ngầm và trạng thái nội lực – chuyển vị của kết cấu vỏ hầm.

2.1 Các tính chất lưu biến của đá

Đá là một môi trường phức tạp, qua nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm, quan niệm chính xác và đầy đủ nhất của các nhà khoa học trong lĩnh vực cơ học đá và công trình ngầm cho rằng quan hệ ứng suất - biến dạng của nhiều loại đá là phi tuyến, môi trường đá là môi trường lưu biến. Tính chất lưu biến của đá thể hiện ở ba dạng: từ biến; chùng ứng suất; độ bền lâu dài.

2.2 Các mô hình cơ học cơ bản của đá

Để mô phỏng quá trình lưu biến của đá, có thể thiết lập các mô hình lưu biến từ những phân tử lưu biến như phân tử đàn hồi Hooke (lò xo), phân tử nhớt Newton (pittông), phân tử dẻo lý tưởng (ma sát), phân tử dẻo giảm bền, phân tử dẻo phá huỷ dòn (khe nứt). Mỗi phân tử lưu biến là một mô hình cơ bản của đá

2.3 Các nhóm mô hình lưu biến của đá

2.3.1 Nhóm mô hình đàn hồi - nhớt tuyến tính

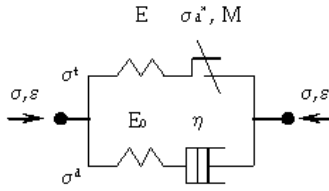
Các mô hình thuộc nhóm này có sự tham gia của phân tử nhớt Newton (pittông), và vì vậy có biểu hiện biến dạng thay đổi theo thời gian.

2.3.2 Nhóm mô hình đàn hồi- nhớt - dẻo

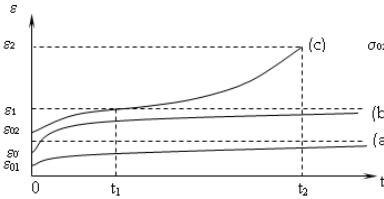
Trên cơ sở nhóm mô hình trên và các mô hình đàn hồi – dẻo (có và không phụ thuộc vào thời gian), các nhà nghiên cứu đã kết hợp những biểu hiện phù hợp và xây dựng được nhóm các mô hình phản ánh được tính chất đàn hồi, nhớt, dẻo của đá.

2.4 Nghiên cứu, lựa chọn các mô hình lưu biến thích hợp cho môi trường đá xung quanh công trình ngầm

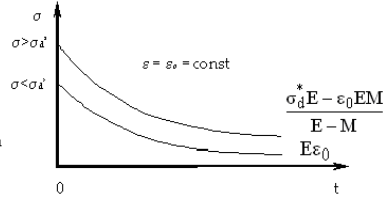
2.4.1 Mô hình lưu biến Poynting – Thomson



Hình 2.7 Mô hình lưu biến Poynting – Thomson

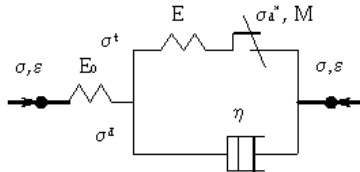


Hình 2.8 Biểu đồ từ biến đơn trục

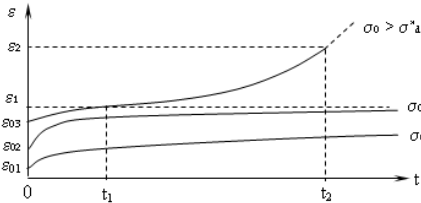


Hình 2.10 Các dạng đường cong chùng US

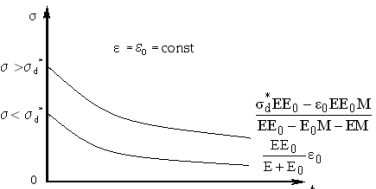
2.4.2 Mô hình lưu biến Zener



Hình 2.12 Mô hình lưu biến Zener



Hình 2.13 Biểu đồ từ biến đơn trục



Hình 2.15 Các dạng đường cong chùng US

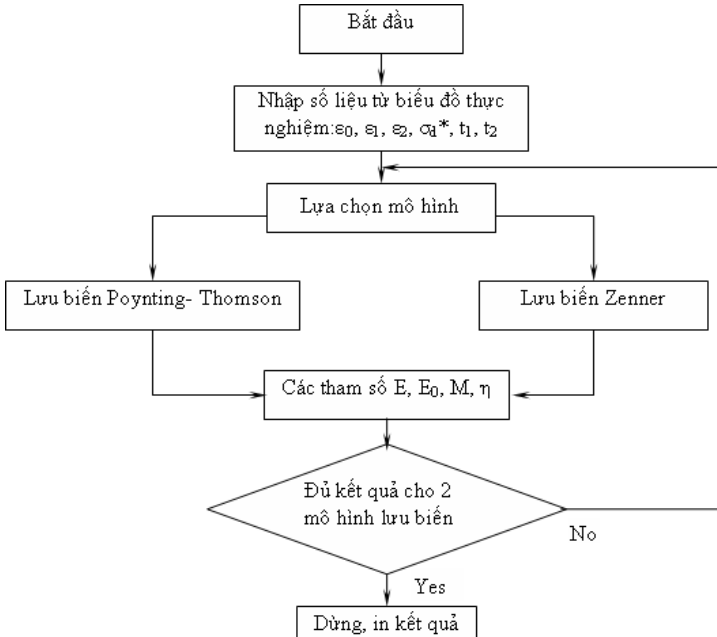
Dạng đường cong chùng ứng suất lý thuyết của mô hình lưu biến Zener tương tự mô hình lưu biến Poynting- Thomson. Mô hình này cũng có biến dạng đàn hồi tức thời và có các biểu hiện biến dạng lý thuyết phản ánh được kết quả thực nghiệm với chế độ chịu tải tương ứng.

2.5 Các đặc trưng biến dạng của đá được xác định bằng thực nghiệm

Để khảo sát tính chất lưu biến của đá, phục vụ cho các tính toán thử nghiệm mô hình, luận án sử dụng các kết quả tổng hợp, phân tích biểu hiện từ biến của đá trong phòng thí nghiệm cũng như trên hiện trường do một số tác giả đã thực hiện.

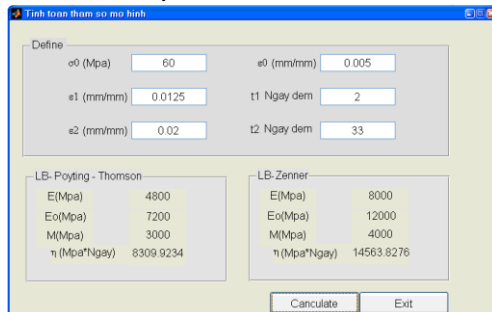
2.6 Xác định các tham số của mô hình lưu biến theo các số liệu thực nghiệm

Về mặt lý thuyết, các mô hình lưu biến lựa chọn ở trên đã phản ánh khá đầy đủ và phù hợp với thực nghiệm. Dựa vào đó, kết hợp với các thí nghiệm không quá phức tạp và thực hiện trong phòng, ta có thể xác định được các tham số của mô hình như: E , E_0 , M , η ... Trình tự thực hiện như sơ đồ khối hình 2.26



Hình 2.26 Sơ đồ khối tính toán tham số mô hình

Viết chương trình bằng ngôn ngữ Matlab chạy trên máy tính hệ điều hành Window XP để tính toán xác định các tham số của môi trường đá.



Hình 2.27 Giao diện chương trình tính toán tham số mô hình

Bảng 2.3 Kết quả tính toán các tham số mô hình một số loại đá

Tên đá	Mô hình	E(MPa)	E _o (MPa)	M(MPa)	η(MPa.h)
Đá Vivinit	Poynting-Thomson	1365.00	5460.00	780.00	467.60
	Zener	1706.25	6825.00	880.65	516.94
Sét ký Cambri	Poynting-Thomson	650.00	1744.74	541.67	8539.53
	Zener	892.16	2394.74	700.00	11041.82
Đá cát kết	Poynting-Thomson	1066.23	628.51	947.06	3356.64
	Zener	2875.00	1694.74	2146.67	8380.43
Đá vôi	Poynting-Thomson	4800.00	7200.00	3000.00	8309.92
	Zener	8000.00	12000.00	4000.00	14563.83

Kết luận chương 2

Mô hình lưu biến Poynting – Thomson và lưu biến Zener có các biểu hiện về mặt lý thuyết của quá trình lưu biến phù hợp với biểu đồ thực nghiệm của các loại đá có biến dạng đàn hồi tức thời.

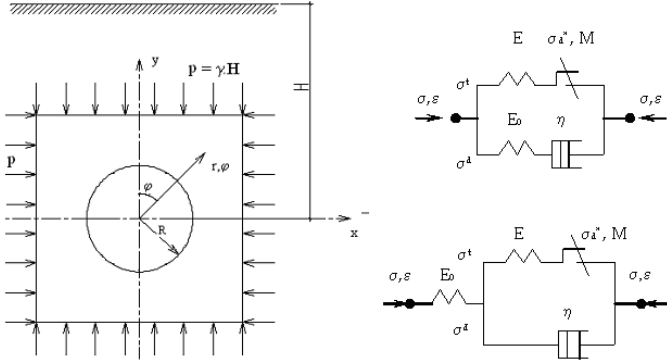
Việc xác định được các tham số cho mô hình lưu biến Poynting- Thomson và Zener là nội dung rất quan trọng, làm tiền đề cho các nội dung nghiên cứu tiếp theo trong chương 3 về trạng thái ứng suất – biến dạng của môi trường đất đá xung quanh công trình ngầm khi môi trường đất đá được mô hình hóa bởi các mô hình lưu biến này.

Chương 3 NGHIÊN CỨU TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG CỦA MÔI TRƯỜNG ĐÁ XUNG QUANH CÔNG TRÌNH NGẦM TIẾT DIỆN TRÒN CÓ KÊ ĐẾN ẢNH HƯỞNG LƯU BIẾN CỦA MÔI TRƯỜNG

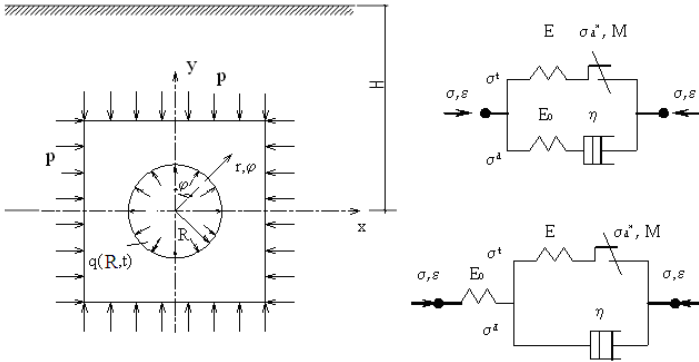
3.1 Mô hình lưu biến trong trạng thái ứng suất phức tạp

Trong chương 2 đã nghiên cứu và khảo sát biểu hiện biến dạng của đá trong trạng thái ứng suất đơn trục, để có thể giải quyết các bài toán cụ thể trong trường hợp tổng quát hơn, trong phần này tìm hiểu quan hệ ứng suất - biến dạng của mô hình lưu biến ở trạng thái ba trục.

3.2 Xác định trạng thái ứng suất biến dạng (chuyển vị) của môi trường đá lưu biến xung quanh công trình ngầm tiết diện tròn và áp lực của đá tác dụng lên kết cấu vỏ hầm



Hình 3.3 Sơ đồ bài toán trường hợp không có vết nứt



Hình 3.4 Sơ đồ bài toán trường hợp có vết nứt

3.2.1 Mô hình hoá môi trường bằng mô hình lưu biến Poynting-Thomson

a. Trường hợp không có vết nứt.

$$u(r, t) = \frac{A(t)}{r} = \frac{pR^2}{2Gr} \left[1 - \exp\left(-\frac{G}{\eta}t\right) \right]; \quad (3.48)$$

$$\sigma_r = \frac{pR^2}{2G} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + p\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right), \quad \sigma_\varphi = \frac{pR^2}{2G} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + p\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right) \quad (3.49)$$

b. Trường hợp có vết nứt

$$u(r, t) = \frac{A(t)}{r} = \frac{PR^2}{r(KR + 2G)} \left[1 - \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta}t\right) \right] \quad (3.55)$$

$$q(R, t) = Ku_R(t) = \frac{PKR}{KR + 2G} \left[1 - \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta}t\right) \right] \quad (3.56)$$

$$\sigma_r = P \left[1 - \frac{R^2}{r^2(KR + 2G)} \left(2G + KR \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta} t\right) \right) \right] \quad (3.58)$$

$$\sigma_\varphi = P \left[1 + \frac{R^2}{r^2(KR + 2G)} \left(2G + KR \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta} t\right) \right) \right] \quad (3.59)$$

3.2.2 Mô hình hoá môi trường bằng mô hình lưu biến Zener

a. Trường hợp không có vỏ hầm.

$$u(r, t) = \frac{A(t)}{r} = \frac{PR^2}{2Gr} \left[1 - \exp\left(-\frac{G}{\eta} t\right) \right] \quad (3.64)$$

$$\sigma_r = \frac{PR^2}{2G} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + P\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right); \quad \sigma_\varphi = \frac{PR^2}{2G} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + P\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right) \quad (3.65)$$

b. Trường hợp có vỏ hầm

$$u(r, t) = \frac{A(t)}{r} = \frac{PR^2}{r(KR + 2G)} \left[1 - \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta} t\right) \right]; \quad (3.69)$$

$$q(R, t) = Ku_r(t) = \frac{P.KR}{KR + 2G} \left[1 - \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta} t\right) \right]. \quad (3.70)$$

$$\sigma_\varphi = P \left[1 + \frac{R^2}{r^2(KR + 2G)} (2G + KR \cdot \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta} t\right)) \right] \quad (3.72)$$

$$\sigma_r = P \left[1 - \frac{R^2}{r^2(KR + 2G)} (2G + KR \cdot \exp\left(-\frac{KR + 2G}{\tau KR + 2\eta} t\right)) \right] \quad (3.73)$$

3.3 Xác định vùng hoá dẻo và phá huỷ của môi trường đá xung quanh công trình ngầm

3.3.1 Môi trường là mô hình lưu biến Poynting – Thomson

$$\text{Khi không có vỏ hầm:} \quad R_d = R \sqrt{\frac{P}{\sigma_d^*} (1 + \chi)} \quad (3.82)$$

$$\text{Khi có vỏ hầm:} \quad R_d = R \sqrt{\frac{P (1 + \chi) 2G}{\sigma_d^* KR + 2G}} \quad (3.83)$$

3.3.2 Môi trường là mô hình lưu biến Zener

Khi không có vỏ hầm:

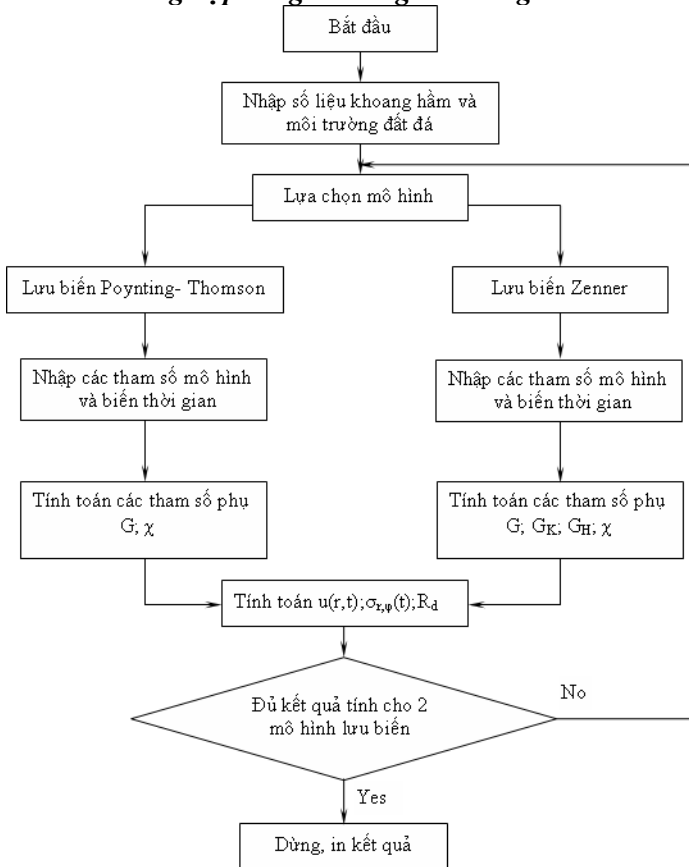
$$R_d = R \sqrt{\frac{PG_H (1 + \chi)(1 + \mu_H)(1 - 2\mu_K)}{\sigma_d^* G_H (1 + \mu_H)(1 - 2\mu_K) + pG_K [(1 + 4\mu_H) + \chi(1 + 4\mu_K \mu_H - 2\mu_K - 2\mu_H)]}}; \quad (3.93)$$

Khi có vỏ hầm:

$$R_d = R \sqrt{\frac{2pGG_H (1 + \chi)(1 + \mu_H)(1 - 2\mu_K)}{[\sigma_d^* G_H (1 + \mu_H)(1 - 2\mu_K) - pG_K (1 - \chi)(1 - 2\mu_H)](KR + 2G)}} \quad (3.98)$$

3.4 Thử nghiệm số khảo sát trạng thái ứng suất-biến dạng của khối đá xung quanh công trình ngầm khi kể đến lưu biến

3.4.1 Khảo sát trường hợp công trình ngầm không vỏ



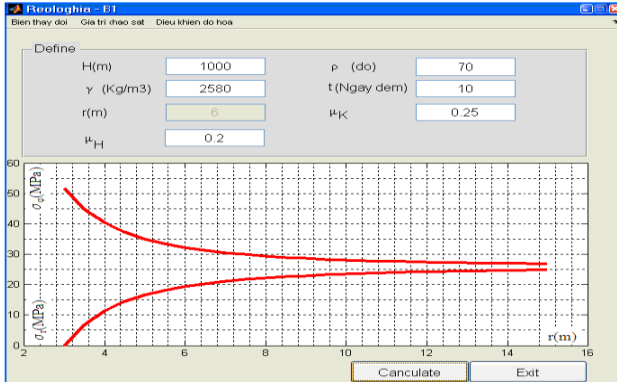
Hình 3.8 Sơ đồ khối khảo sát trạng thái US-BD môi trường xung quanh khoang hầm không vỏ

Các số liệu tính toán:

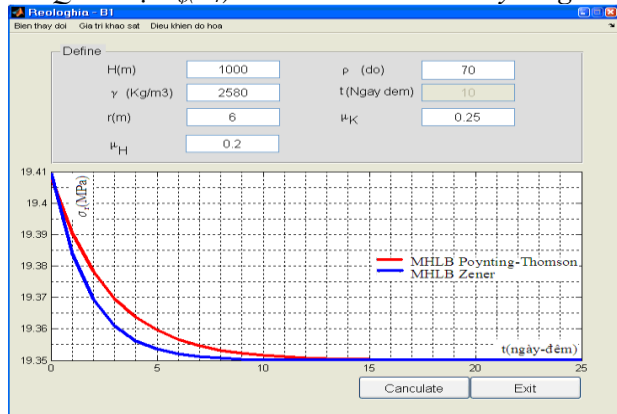
Hình dạng và kích thước khoang hầm: Khoang hầm dạng tròn, bán kính $R = 3\text{m}$ đặt sâu trong môi trường đá ở địa hình núi cao có chiều dày tầng phủ $H = 1000\text{m}$.

Môi trường đất đá: Đá vôi không cứng, trọng lượng thể tích $\gamma = 2580\text{kg/m}^3$, góc ma sát trong $\rho = 70^\circ$. Mô hình hoá môi trường bằng mô hình lưu biến Poynting-Thomson hoặc mô hình lưu biến Zener với các tham số được xác định nhờ bài toán xác định tham số mô hình (chương 2), các tham số mô hình để phục vụ tính toán được lấy từ bảng kết quả (bảng 2.3).

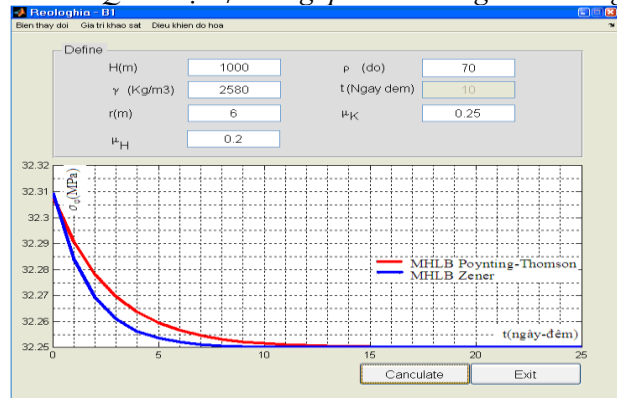
Kết quả và các đồ thị khảo sát :



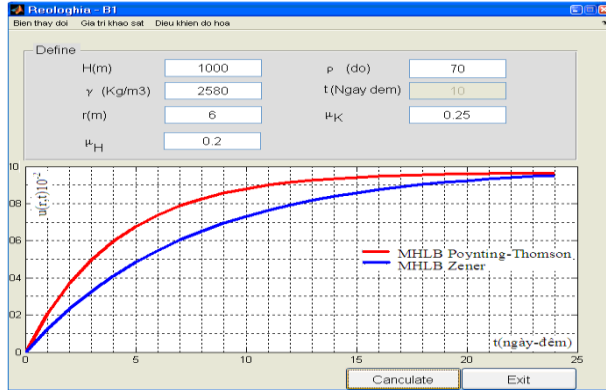
Hình 3.10 Quan hệ $\sigma_\phi(\sigma_r)$ - r mô hình lưu biến Poynting – Thomson



Hình 3.12 Quan hệ σ_r - t xung quanh khoang hầm không vỏ

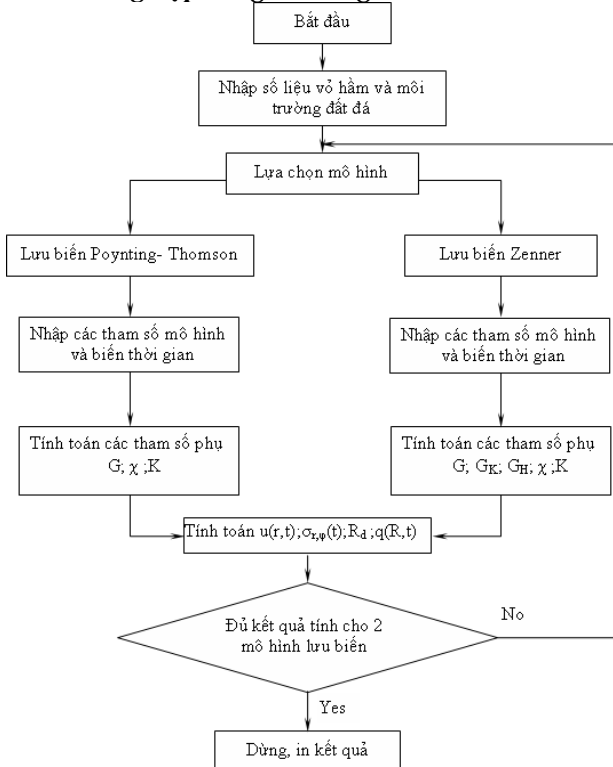


Hình 3.13 Quan hệ σ_ϕ - t xung quanh khoang hầm không vỏ



Hình 3.15 Quan hệ $u(r,t) - t$ khi CTN không vổ

3.4.2 Khảo sát trường hợp công trình ngầm có vổ



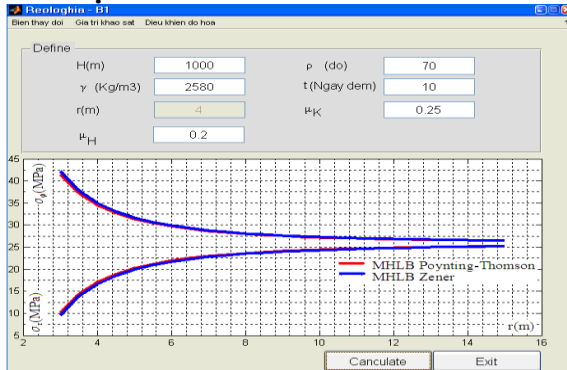
Hình 3.17 Sơ đồ khối khảo sát trạng thái US-BD môi trường xung quanh vổ hầm

Các số liệu ban đầu:

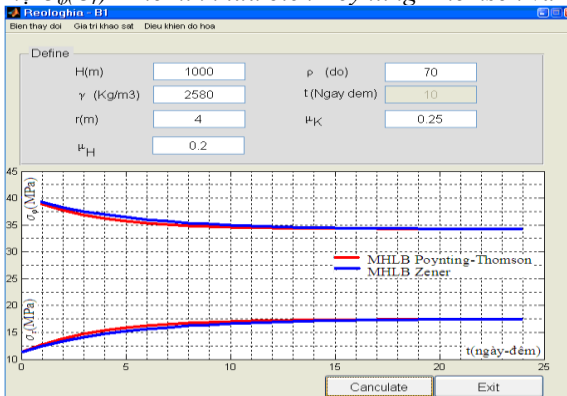
Hình dạng và kích thước công trình ngầm: Công trình ngầm dạng tròn, bán kính mép ngoài $R = 3\text{m}$ đặt sâu trong môi trường đá và khối đá ở địa hình núi cao có chiều dày tầng phủ $H = 1000\text{m}$. Vỏ hầm bê tông toàn khối mác 300# dày 0,3m. Các tham số vỏ hầm được khai báo và nhập bằng môđun chương trình “Tham số vỏ hầm” (hình 3.18).

Môi trường đất đá: Đá vôi không cứng, trọng lượng thể tích $\gamma = 2580\text{ kg/m}^3$, góc ma sát trong $\rho = 70^\circ$. Mô hình hoá môi trường bằng mô hình lưu biến Poynting-Thomson hoặc mô hình lưu biến Zener với các tham số được xác định nhờ bài toán xác định tham số mô hình bằng môđun chương trình “Tính toán tham số mô hình” đã thực hiện ở chương 2. Hai môđun chương trình trên là mã nguồn cho chương trình chính “Reologhia-B1” tính toán các đại lượng đặc trưng cần khảo sát.

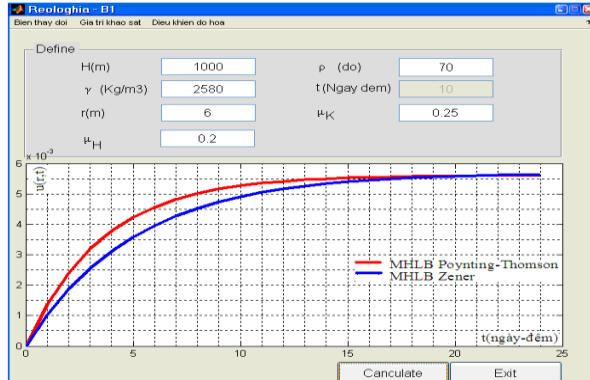
Kết quả và các đồ thị khảo sát :



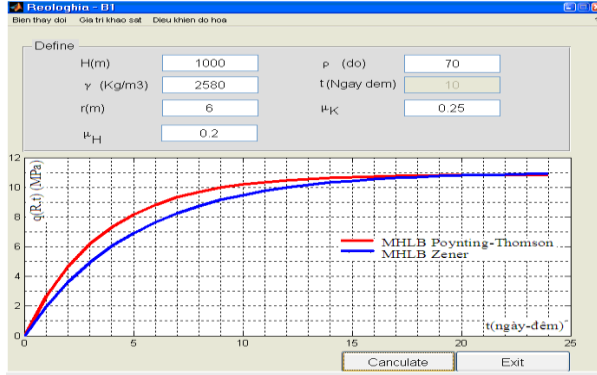
Hình 3.19 Quan hệ $\sigma_\phi(\sigma_r)-r$ mô hình lưu biến Poynting-Thomson và Zener khi có vỏ



Hình 3.20 Quan hệ $\sigma_\phi(\sigma_r)-t$ mô hình lưu biến Poynting-Thomson và Zener khi có vỏ



Hình 3.22 Quan hệ $u(r,t) - t$ trường hợp có vỏ hàm



Hình 3.23 Quan hệ $q(R,t) - t$ trường hợp có vỏ hàm

So sánh kết quả tính toán có thể thấy rằng:

- Khi khoang hàm không có vỏ hàm, quá trình giảm bền, hoá dẻo dẫn đến phá huỷ của môi trường xung quanh diễn ra nhanh hơn, phạm vi ảnh hưởng rộng hơn, đá bị phá huỷ ngay sau đó (dẻo phá huỷ giòn). Quá trình phân bố lại ứng suất xảy ra ngay sau khi xuất hiện khoang hàm.

- Quá trình hoá dẻo chủ yếu diễn ra đối với công trình ngầm có vỏ hàm trong một thời gian dài, vùng ảnh hưởng hạn chế. Kết quả khảo sát các bài toán trong trường hợp này cũng cho thấy việc lựa chọn hai mô hình lưu biến Poynting- Thomson và Zener để mô hình hoá môi trường đá và khối đá trong tính toán công trình ngầm là đúng đắn vì nó thể hiện được đầy đủ các biểu hiện của môi trường lưu biến

Kết luận chương 3

Trong chương này đã phân tích đưa ra lời giải và khảo sát các bài toán liên quan đến trạng thái ứng suất, biến dạng, chuyển vị của môi trường đá xung

quanh khoang hầm tiết diện tròn không vỏ hoặc kết cấu vỏ hầm và áp lực của đá tác dụng lên vỏ hầm khi kể đến ảnh hưởng của lưu biến.

Ứng với một số loại đá phù hợp, khi sử dụng các mô hình lưu biến và xác định được các tham số của mô hình, ta có thể xác định được các vùng trạng thái của môi trường xung quanh công trình ngầm. Qua đó có thể thấy rằng, sau khi xuất hiện khoang hầm, môi trường đá bắt đầu chuyển vị về phía khoang trống và trị số ứng suất thứ sinh của vùng đá xung quanh công trình ngầm biến đổi liên tục. Tới một thời điểm nào đó các vùng trạng thái khác nhau sẽ xuất hiện.

Ch-ơng 4 NGHIÊN CỨU BẰNG SỐ VỀ ẢNH HƯỞNG LƯU BIẾN CỦA MÔI TRƯỜNG ĐÁ ĐẾN TRẠNG THÁI NỘI LỰC CỦA KẾT CẤU CÔNG TRÌNH NGẦM TIẾT DIỆN TRÒN TIẾP XÚC VỚI MÔI TRƯỜNG

4.1 Các mô hình tiếp xúc giữa kết cấu vỏ hầm tiết diện tròn với môi trường đá có xét đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường.

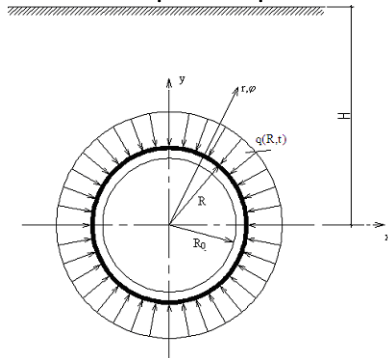
Phù hợp với mô hình đàn hồi – lưu biến của hệ vỏ hầm - đất đá Trong chương này vẫn giả thiết kết cấu vỏ hầm làm việc trong giai đoạn đàn hồi, khối đá xung quanh công trình ngầm là môi trường lưu biến.

Trong tính toán chỉ khảo sát với trường hợp thỏa mãn các điều kiện:

- Hình dạng đường hầm là hình tròn; R_0 - bán kính mép trong; R - bán kính mép ngoài. Chiều dài dọc trục của công trình đủ lớn để có thể đưa bài toán về bài toán biến dạng phẳng.

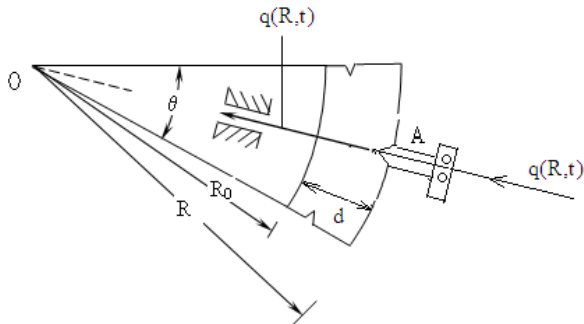
- Bài toán có tính đối xứng trục trong điều kiện trường ứng suất thủy tĩnh ($\lambda=1$).

Tiếp xúc giữa kết cấu vỏ hầm với môi trường cũng được giả thiết là liên tục trên toàn bộ chu vi của kết cấu của chuyển vị theo phương pháp tuyến, đặc trưng bởi áp lực đá (cũng là phản lực của vỏ hầm): $q=f(u_R)=q(R,t)$. Mô hình tính tổng quát của bài toán được thể hiện trên hình vẽ 4.3

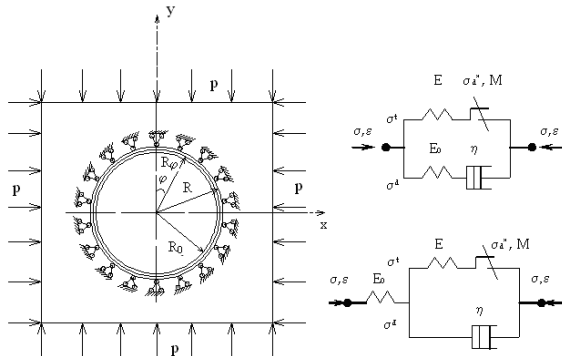


Hình 4.3 Mô hình tính tổng quát

4.1.1 Phân tích mô hình tiếp xúc toàn phần giữa kết cấu vỏ hàm với môi trường đá

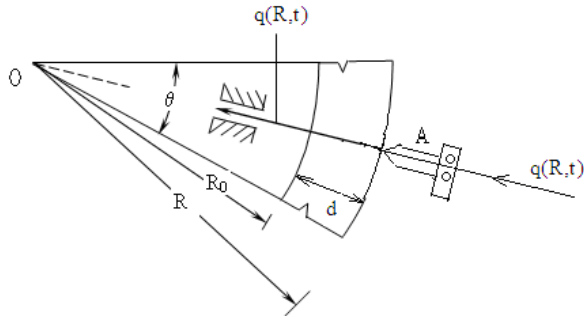


Hình 4.4 Mô hình tiếp xúc toàn phần giữa kết cấu vỏ hàm với môi trường đá

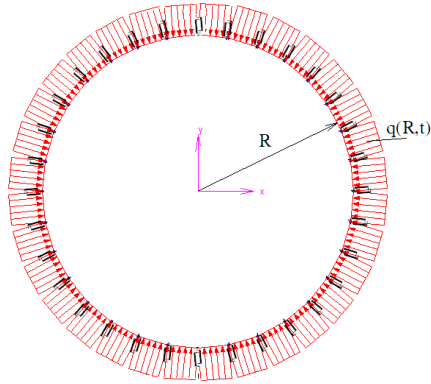


Hình 4.5: Sơ đồ tính toán theo mô hình tiếp xúc toàn phần

4.1.2 Phân tích mô hình tiếp xúc điểm giữa kết cấu vỏ hàm với môi trường đá

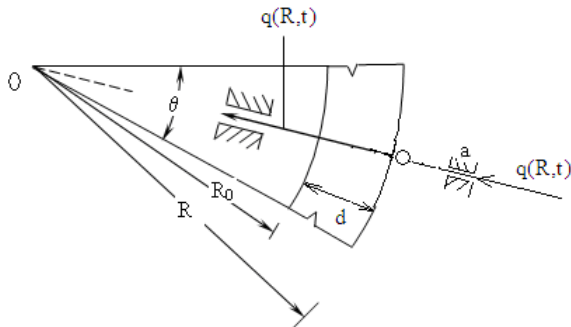


Hình 4.6: Mô hình tiếp xúc điểm giữa kết cấu vỏ hàm với môi trường đất đá

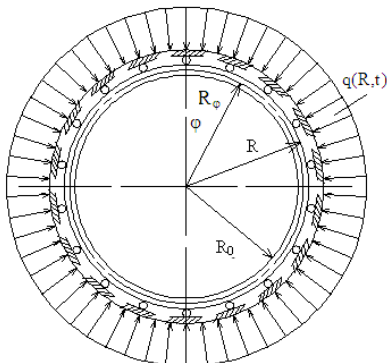


Hình 4.7: Sơ đồ tính toán theo mô hình tiếp xúc điểm

4.1.3. Phân tích mô hình tiếp xúc trượt tự do không ma sát giữa vỏ hầm và môi trường đá



Hình 4.8 Mô hình tiếp xúc trượt tự do không ma sát giữa kết cấu vỏ hầm với môi trường đá



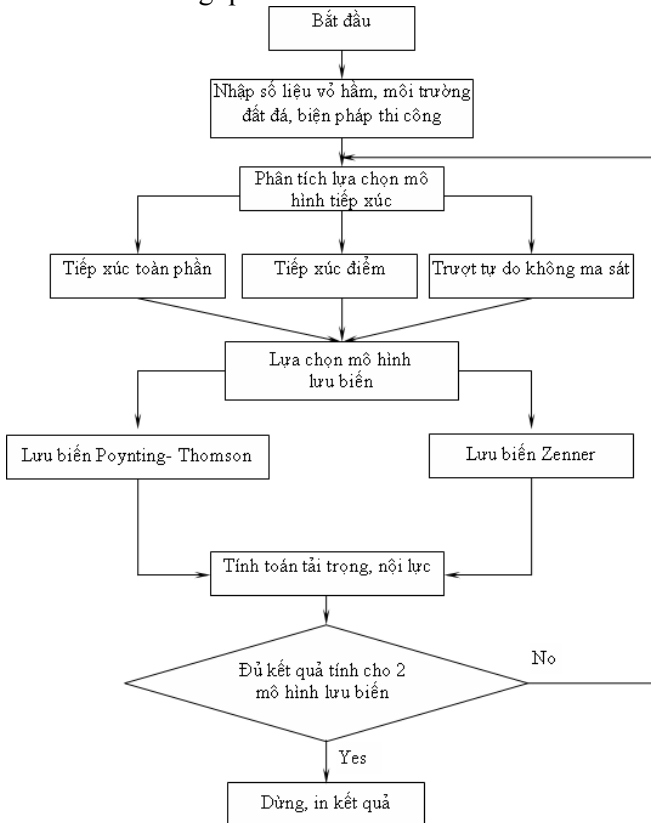
Hình 4.9: Sơ đồ tính toán theo mô hình tiếp xúc trượt tự do không ma sát

4.2 Tính toán thử nghiệm số kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn có xét đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá xung quanh

4.2.1 Sơ đồ khối:

Qua phân tích các mô hình tiếp xúc và các phương pháp tính toán nội lực ở trên, kết hợp với những nội dung đã nghiên cứu ở chương 2 và chương 3, để tính toán nội lực kết cấu công trình ngầm có kể đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá xung quanh, tiến hành lập sơ đồ khối cho bài toán tổng quát (hình 4.10)

Theo sơ đồ khối tổng quát đã lập, sử dụng ngôn ngữ Matlab lập chương trình tính toán và tính toán thử nghiệm số. Các chương trình xác định tham số mô hình lưu biến và xác định trạng thái ứng suất – biến dạng, tải trọng đã lập trong chương 2 và chương 3 được sử dụng làm các môđun trong chương trình tính toán bài toán tổng quát.

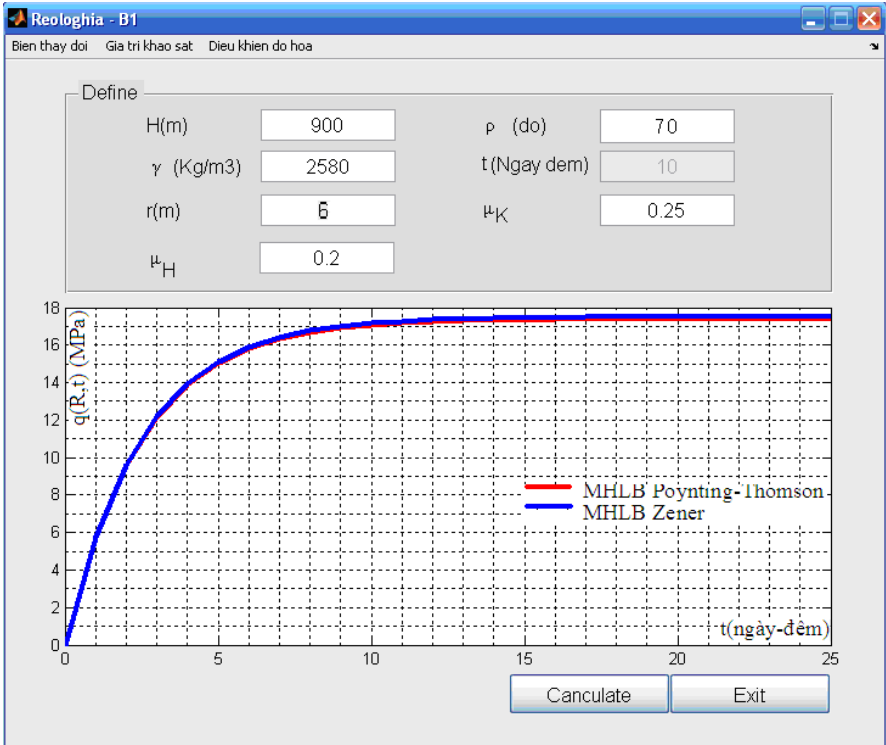


Hình 4.10: Sơ đồ khối bài toán tổng quát

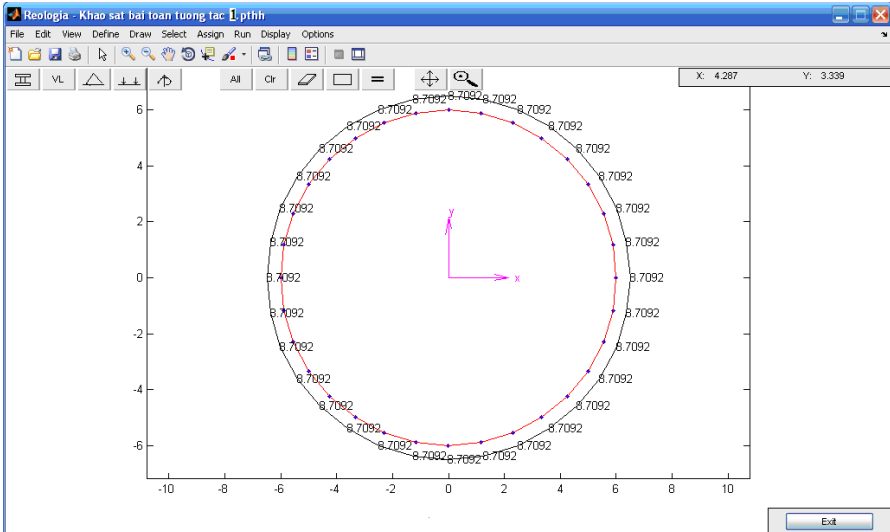
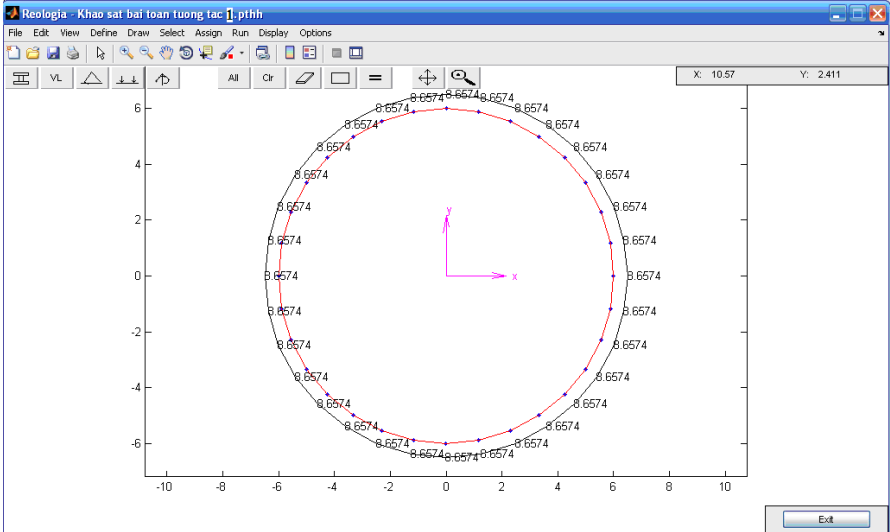
4.2.2 Các số liệu ban đầu: Hình dạng và kích thước công trình ngầm: Công trình ngầm tiết diện tròn, bán kính mép ngoài $R = 6\text{m}$ đặt sâu trong môi trường đá và khối đá ở địa hình núi cao. Vị trí đặt hầm có chiều sâu so với mặt đất tự nhiên $H = 900\text{m}$. Vỏ hầm bê tông toàn khối mác M300#, $E_{bt}=2.9E4\text{ MPa}$, dày $0,3\text{m}$. Môi trường đá: Đá vôi không cứng, trọng lượng thể tích $\gamma = 2580\text{ kg/m}^3$, góc ma sát trong $\rho = 70^\circ$. Mô hình hoá môi trường bằng mô hình lưu biến Poynting-Thomson hoặc mô hình lưu biến Zener với các tham số được xác định nhờ bài toán xác định tham số mô hình.

4.2.3 Kết quả tính toán áp lực tác dụng

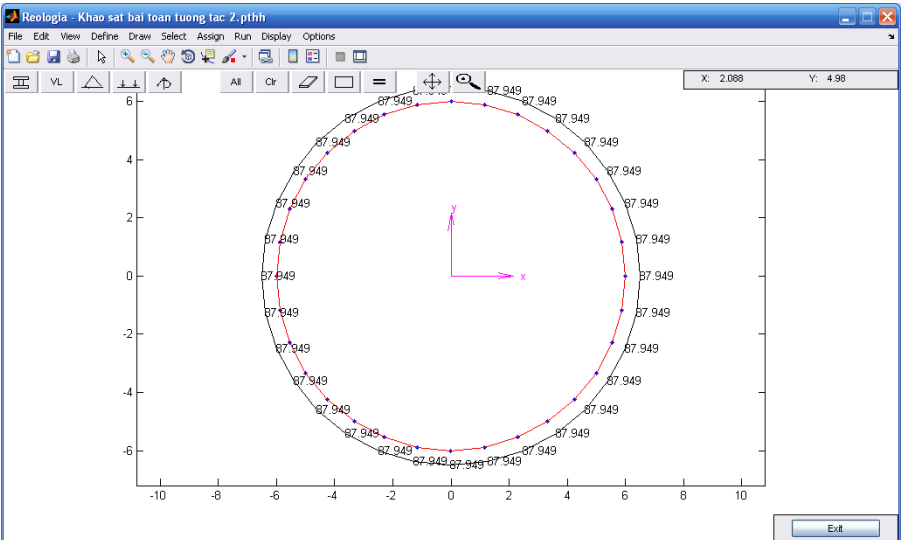
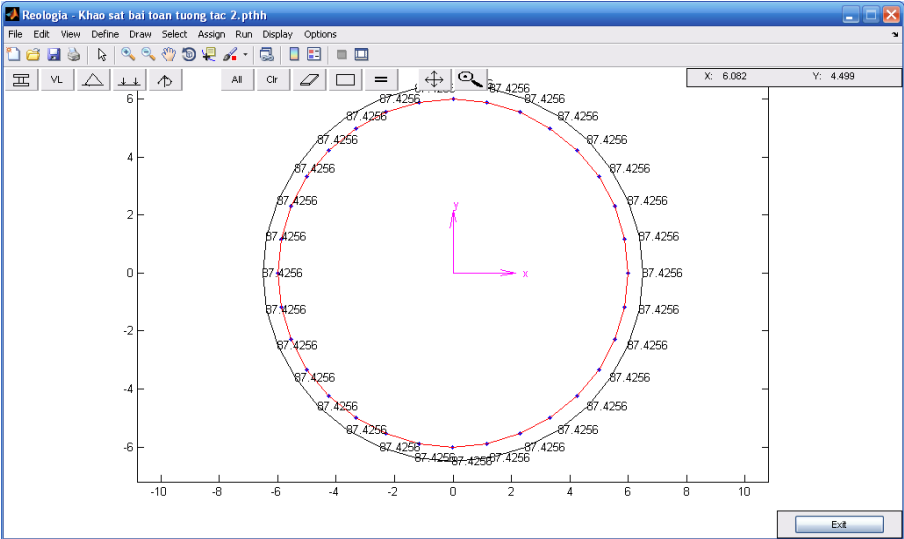
Kết quả tính toán cho thấy giá trị áp lực tác dụng tương ứng với hai mô hình lưu biến là phù hợp và gần giống nhau. Quy luật thay đổi và kết quả thể hiện rõ rệt ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá.



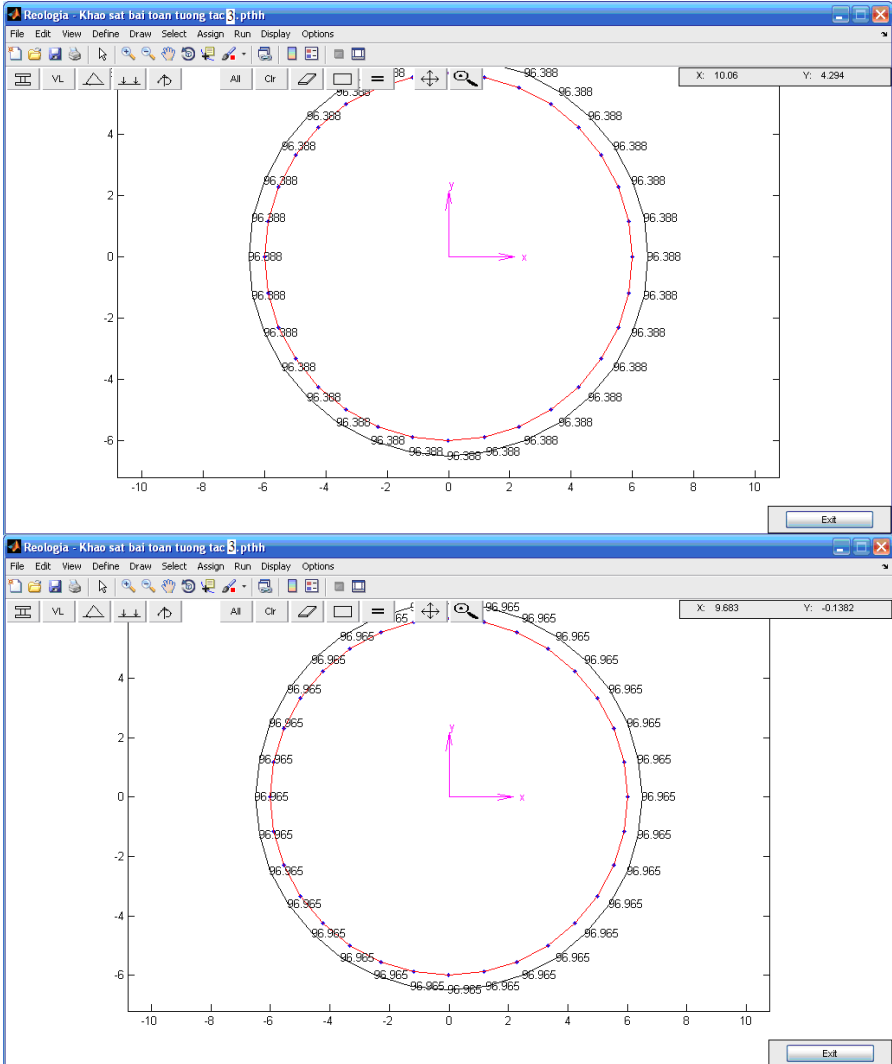
Hình 4.13 Đồ thị thể hiện sự thay đổi áp lực tác dụng theo thời gian



Hình 4.16 Biểu đồ lực dọc N trong trường hợp tiếp xúc toàn phần-
-mô hình lưu biến Poynting-Thomson (trên) và Zener (dưới)

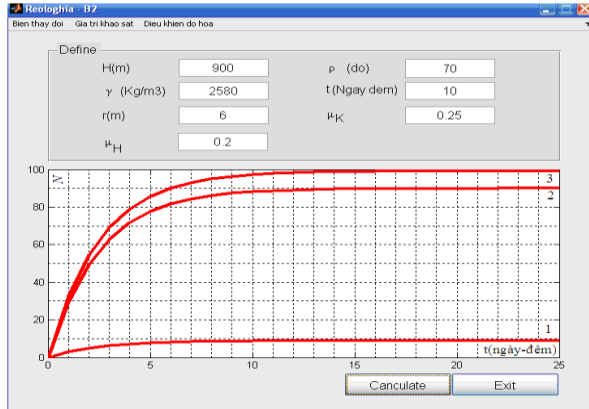


Hình 4.18 Biểu đồ lực dọc N trong trường hợp tiếp xúc điểm-mô hình lưu biến Poynting-Thomson (trên) và Zener (dưới)



Hình 4.19 Biểu đồ lực dọc N trong trường hợp tiếp xúc trượt tự do không ma sát - mô hình lưu biến Poynting-Thomson (trên) và Zener (dưới)

Từ các kết quả nội lực tính toán được, tiến hành khảo sát sự thay đổi của giá trị nội lực theo thời gian. Trên hình 4.20 là biểu đồ biểu thị sự thay đổi giá trị lực dọc N theo thời gian khi sử dụng mô hình lưu biến Poynting-Thomson và mô hình lưu biến Zener, từ dưới lên trên lần lượt ứng với các trường hợp tiếp xúc toàn phần (1), tiếp xúc điểm (2) và tiếp xúc trượt tự do không ma sát (3).



Hình 4.20 Đồ thị thể hiện sự thay đổi giá trị lực dọc N theo thời gian

Qua các đồ thị hình 4.20 có thể nhận xét rằng khi kết cấu vỏ hầm tiếp xúc với môi trường đá được mô hình hóa bởi mô hình đàn hồi- lưu biến, dạng tiếp xúc giữa vỏ hầm với môi trường quyết định giá trị của nội lực vỏ hầm. Trường hợp tiếp xúc toàn phần, kết cấu được hàn chặt với đá và cùng làm việc, giá trị nội lực nhỏ và tăng chậm theo thời gian. Khi đó, có thể giảm chiều dày vỏ hầm hoặc giảm mác bê tông mà vẫn đảm bảo yêu cầu chịu lực. Bất lợi cho kết cấu vỏ hầm nhất là trường hợp tiếp xúc trượt tự do không ma sát, giá trị lực dọc trong kết cấu vỏ hầm rất lớn (lớn nhất trong ba trường hợp). Để đảm bảo khả năng chịu lực, chiều dày vỏ hầm và mác bê tông cần tăng lên dẫn đến việc tăng giá thành xây dựng công trình và khó khăn phức tạp trong thi công.

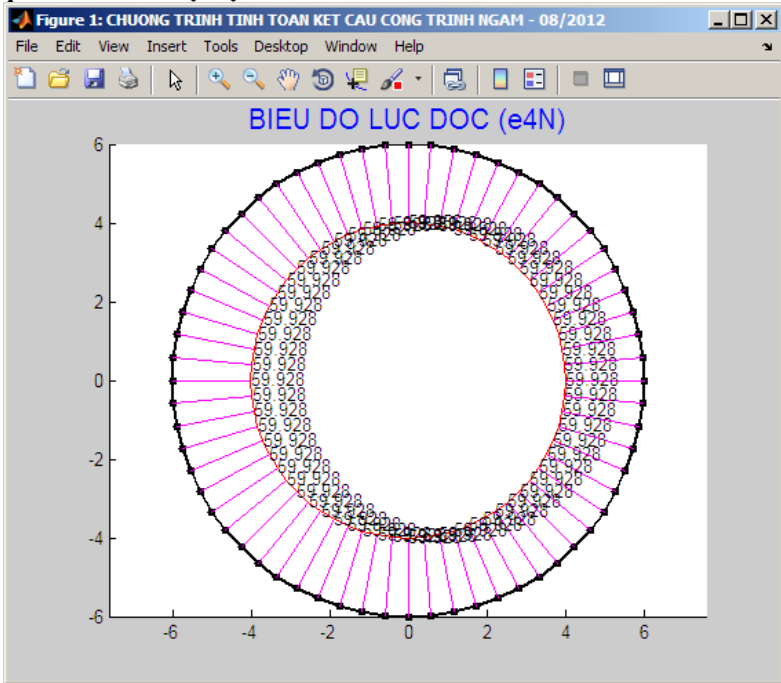
Trường hợp tiếp xúc điểm, tùy thuộc vào độ cứng của liên kết lò xo, giá trị nội lực dao động trong khoảng giữa hai trường hợp trên. Điều này khẳng định tầm quan trọng của việc xử lý tiếp xúc giữa vỏ hầm và môi trường đất đá trong quá trình thi công, nó quyết định việc tận dụng khả năng tự chịu lực và lưu biến của đất đá, giảm kích thước hình học của vỏ hầm và vật tư thi công, hạ giá thành xây dựng công trình.

4.3 Ví dụ tính toán kết cấu công trình ngầm theo phương pháp truyền thống.

Các số liệu ban đầu:

Số liệu ban đầu được lấy như số liệu đã tính toán thử nghiệm trong phần 4.2. Hình dạng và kích thước công trình ngầm: Công trình ngầm dạng tròn, bán kính mép ngoài $R = 6\text{m}$ đặt sâu trong môi trường. Môi trường là đá vôi, góc ma sát trong $\rho = 70^\circ$. Vị trí đặt hầm có chiều sâu so với mặt đất tự nhiên $H = 900\text{m}$. Vỏ hầm bê tông toàn khối mác M300#, $E_{bt} = 2.9E4 \text{ MPa}$, dày $0,3\text{m}$

Kết quả tính toán nội lực kết cấu vỏ hầm:



Hình 4.28 Biểu đồ lực dọc của kết cấu vỏ hầm khi tính toán bằng phương pháp truyền thống

Từ các biểu đồ nội lực của kết cấu vỏ hầm khi tính toán bằng phương pháp truyền thống, so sánh với các biểu đồ nội lực trong trường hợp đất đá được mô hình hóa bởi các mô hình lưu biến Poynting – Thomson và Zener theo các trường hợp tiếp xúc với vỏ hầm, giá trị lực dọc tại tất cả các tiết diện vỏ hầm khi sử dụng mô hình lưu biến ($t \rightarrow \infty$) trong trường hợp tiếp xúc toàn phần luôn nhỏ hơn so với khi tính toán bằng phương pháp truyền thống hiện hành. Tuy nhiên các giá trị này trong trường hợp tiếp xúc điểm và tiếp xúc trượt tự do không ma sát lại lớn hơn so với phương pháp truyền thống.

Kết luận chương 4

Trong chương này, để làm mô hình tính toán cho hệ kết cấu – môi trường đã sử dụng mô hình đàn hồi- lưu biến, theo đó môi trường đá được mô hình hóa bởi các mô hình lưu biến Poynting-Thomson và Zener, kết cấu vỏ hầm làm việc trong giai đoạn đàn hồi.

Từ mô hình tính toán trên, đưa ra lời giải cho bài toán tính kết cấu vỏ hầm theo các mô hình tiếp xúc giữa vỏ hầm với đá là tiếp xúc toàn phần, tiếp xúc điểm hay tiếp xúc trượt tự do không ma sát.

Đã xây dựng được thuật toán và chương trình tính toán, tiến hành tính toán thử nghiệm số theo các mô hình tiếp xúc giữa kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn với đá có xét đến ảnh hưởng lưu biến của môi trường xung quanh. Khảo sát, so sánh và đánh giá kết quả, so sánh với bài toán tương tự khi tính toán bằng các phương pháp truyền thống để kiểm tra độ tin cậy của chương trình đã lập.

KẾT LUẬN

I. Các đóng góp mới của luận án:

1 - Phân tích và lựa chọn được mô hình lưu biến phù hợp (Poynting-Thomson và Zener) để mô hình hoá môi trường đá xung quanh trong tính toán thiết kế công trình ngầm. Nội dung được thể hiện ở các công trình công bố [1], [2].

2 - Sử dụng các mô hình lưu biến đã lựa chọn, tiến hành tính toán trạng thái ứng suất - biến dạng và vùng hóa dẻo của môi trường đá xung quanh công trình ngầm tiết diện tròn trong các trường hợp công trình không vỏ và có vỏ khi kể đến tính lưu biến của môi trường. Nội dung được thể hiện ở các công trình công bố [2], [3].

3 - Xây dựng các phương trình thuật toán và chương trình tính toán kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn tiếp xúc với môi trường đá có kể đến lưu biến của môi trường theo ba mô hình tiếp xúc khác nhau giữa vỏ hầm và môi trường (tiếp xúc toàn phần, tiếp xúc điểm và tiếp xúc trượt tự do không ma sát). Các thử nghiệm số chứng tỏ rằng chương trình đã lập có cơ sở để tin cậy. Nội dung được thể hiện ở các công trình công bố [4], [5].

4 - Sử dụng chương trình đã lập tiến hành nghiên cứu bằng số về ảnh hưởng lưu biến của môi trường đá đến trạng thái nội lực – chuyển vị của công trình ngầm tiết diện tròn theo các mô hình tiếp xúc khác nhau. Nội dung được thể hiện ở công trình công bố [5].

II. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

- Ý nghĩa khoa học của luận án: Các kết quả nghiên cứu của luận án đã góp phần làm sáng tỏ các quy luật ảnh hưởng của tính chất lưu biến của môi trường đá đến trạng thái cơ học của kết cấu công trình ngầm tiết diện tròn tiếp xúc chặt toàn phần với khối đá xung quanh.

- Ý nghĩa thực tiễn của luận án: Các kết quả nghiên cứu của luận án có thể sử dụng để làm kiến thức giảng dạy trong các chuyên ngành xây dựng công trình ngầm ở các trường đại học. Ngoài ra, các kết quả nghiên cứu này còn có thể bổ sung vào các phương pháp tính toán lý thuyết cho kết cấu công trình ngầm dạng tròn.