



PGS. TS. Đỗ Văn Đệ (*chủ biên*)

KS. Nguyễn Ngọc Hưng, KS. Đỗ Tiến Dũng, KS. Vũ Minh Tuấn
KS. Nguyễn Sỹ Han, KS. Nguyễn Thành Thắng, KS. Nguyễn Hải Nam

Phần mềm PLAXIS

**ỨNG DỤNG VÀO TÍNH TOÁN
CÁC CÔNG TRÌNH THỦY CÔNG**



**TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
VIỆN CẢNG - KỸ THUẬT HÀNG HẢI**

PGS. TS. Đỗ Văn Đệ (*chủ biên*)

KS. Nguyễn Ngọc Hưng, KS. Đỗ Tiến Dũng, KS. Vũ Minh Tuấn
KS. Nguyễn Sỹ Han, KS. Nguyễn Thành Thắng, KS. Nguyễn Hải Nam

Phần mềm
PLAXIS

**ỨNG DỤNG VÀO TÍNH TOÁN
CÁC CÔNG TRÌNH THỦY CÔNG**

(Tái bản)

**NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2013**

LỜI NÓI ĐẦU

Phần mềm PLAXIS là một trong những phần mềm mạnh, được nhiều nước ở trên thế giới sử dụng để giải quyết các bài toán sau:

- *Phân tích quá trình thi công hố đào;*
- *Phân tích quá trình đào khi có neo;*
- *Phân tích biến dạng, chuyển vị của kết cấu đê;*
- *Phân tích ổn định khối đất đắp có dao động mực nước;*
- *Phân tích lún của móng tròn trên nền cát;*
- *Phân tích ảnh hưởng của lún đến công trình xây dựng trên mặt đất khi đào đường hầm bên dưới hoặc cạnh công trình.*

Ngoài ra phần mềm PLAXIS còn tỏ rõ thế mạnh trong tính toán biến dạng, chuyển vị, nội lực, ứng suất, ổn định trượt sâu tương tác giữa công trình với nền đất gia cường (bắc thám, vôi địa kỹ thuật, cọc, neo...) hoặc không gia cường (đất tự nhiên).

Viện Cảng - Kỹ thuật Hàng hải có bản quyền phần mềm PLAXIS và được tập thể các cán bộ khoa học của Viện dịch thuật, khai thác, chạy thử nghiệm cho các công trình thực tế với nhiều loại bài toán phục vụ cho nhiều lĩnh vực: công trình xây dựng, công trình giao thông, công trình thủy, công trình biển, công trình thềm lục địa...

Gần đây tập thể các cán bộ khoa học của Viện đã đầu tư đi sâu nghiên cứu, khai thác các công năng mạnh của phần mềm PLAXIS để tính toán cho các công trình thủy công, như: công trình bến cảng (cầu tàu, tường cừ, tường chắn, thùng chìm, khối xếp...), Công trình xương đóng tàu (triền, đà, ụ tàu...), công trình đê, kè... Chúng tôi đã tập trung đi sâu khai thác phần mềm PLAXIS để tính toán cho các công trình đê vây phục vụ cho xây dựng các công trình thủy công (ụ, triền, đà tàu, đê chắn sóng, trụ cầu, hố móng, hồ chứa nước...), đặc biệt là loại kết cấu tường cừ đơn, cừ kép (có neo hoặc không neo), vật liệu thép hoặc bê tông cốt thép.

Cuốn sách này chỉ tập trung trình bày những nét chính về cơ sở lý thuyết, hướng dẫn sử dụng và đặc biệt là chúng tôi đã xây dựng các ví dụ mẫu điển hình trên nền của phần mềm PLAXIS để áp dụng tính toán biến dạng, chuyển vị, nội lực, ứng suất cho một số dạng công trình thủy công thông dụng.

Cuốn sách này là tài liệu tham khảo tốt cho sinh viên, kỹ sư, học viên cao học, nghiên cứu sinh các ngành công trình: Cảng-Đường thủy, công trình thủy, công trình thềm lục địa, công trình xây dựng, công trình giao thông...

Nhằm hưởng ứng cho ngày thành lập Viện Cảng - Kỹ thuật Hàng hải, cuốn sách này hoàn thành và ra mắt bạn đọc trong thời gian quá ngắn, vì vậy không tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn độc giả đóng góp ý kiến. Mọi thông tin xin gửi tới PGS., TS Đỗ Văn Đệ - Viện trưởng Viện Cảng - Kỹ thuật Hàng Hải theo số ĐT: (04)8.691.459; DĐ: 0913.365.777.

E-mail: dovandedhxd@yahoo.com.vn; Website: <http://www.inpomat.com>

PGS. TS. Đỗ Văn Đệ

www.7phut.com

Chương 1

CƠ SỞ LÝ THUYẾT TRONG PHẦN MỀM PLAXIS

Trên cơ sở các tài liệu của phần mềm, chúng tôi đã tiến hành dịch thuật và biên soạn lại những vấn đề chính. Trong chương này, chúng tôi muốn giới thiệu tóm tắt cơ sở lý thuyết của cơ học đất và một số phương pháp sẽ được ứng dụng trong phần mềm Plaxis. Nội dung chương này bao gồm một số các vấn đề sau: Lý thuyết biến dạng, lý thuyết dòng chảy ngầm và lý thuyết cốt kết. Bên cạnh đó là lý thuyết phần tử hữu hạn và các quy tắc lấy tích phân cho các loại phần tử khác nhau. Trong phần phụ lục sẽ đưa ra sơ đồ tính toán chung cho bài toán biến dạng.

Bên cạnh các phương pháp chung mà ta có thể tìm thấy trong các tài liệu khác, phần này sẽ giới thiệu thêm một số các phương pháp khác trong phân tích đất nền. Để tìm hiểu các thông tin chi tiết về ứng suất, biến dạng, sơ đồ kết cấu và các mô hình về nền đất được sử dụng trong chương trình Plaxis, người đọc có thể tra cứu trong tài liệu *Sổ tay các mẫu vật liệu*.

1.1. LÝ THUYẾT BIẾN DẠNG

Trong phần này sẽ giới thiệu các phương trình cân bằng biến dạng của đất nền trên cơ sở lý thuyết cơ học liên tục. Với giả thiết các biến dạng được xét tới là nhỏ. Lý thuyết cơ học liên tục được trình bày dưới dạng phương pháp phần tử hữu hạn.

1.1.1. Các phương trình biến dạng cơ bản của môi trường liên tục

Phương trình cơ bản của phân tích biến dạng liên tục ở trạng thái tĩnh:

$$\underline{\underline{L}}^T \underline{\underline{\sigma}} + \underline{\underline{p}} = 0 \quad (1-1)$$

Các phương trình quan hệ của 6 thành phần ứng suất trong không gian gắn với vectơ $\underline{\underline{\sigma}}$; 3 thành phần lực khối, gắn với vectơ $\underline{\underline{p}}$. $\underline{\underline{L}}^T$ là ma trận chuyển vị của toán tử vi phân, được định nghĩa như sau:

$$\underline{\underline{L}}^T = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial z} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (1-2)$$

Ở trạng thái cân bằng, mỗi liên hệ động học được xác định theo phương trình:

$$\underline{\underline{\varepsilon}} = \underline{\underline{L}}\underline{\underline{u}} \quad (1-3)$$

Với 6 thành phần biến dạng, gắn với vectơ $\underline{\underline{\varepsilon}}$, là cơ sở của 3 thành phần chuyển vị, gắn với vectơ $\underline{\underline{u}}$, được sử dụng để định nghĩa toán tử vi phân L . Mỗi quan hệ giữa đẳng thức (1-1) và (1-3) được tạo thành từ mỗi quan hệ cân bằng, thể hiện sự làm việc của vật liệu. Có thể biểu thị một cách tổng quát thông qua hệ thức sau:

$$\underline{\underline{\sigma}} = \underline{\underline{M}}\underline{\underline{\varepsilon}} \quad (1-4)$$

Kết hợp 3 phương trình (1-1), (1-3) và (1-4) ta sẽ đưa ra một phương trình sau:

$$\int \delta \underline{\underline{u}}^T \left(\underline{\underline{L}}^T \underline{\underline{\sigma}} + \underline{\underline{p}} \right) dV = 0 \quad (1-5)$$

Áp dụng định lý Green cho tích phân riêng phần trong phương trình (1-5) đưa ra được phương trình liên tục ở trạng thái cân bằng động:

$$\int \delta \underline{\underline{\varepsilon}}^T \underline{\underline{\sigma}} dV = \int \delta \underline{\underline{u}}^T \underline{\underline{p}} dV + \int \delta \underline{\underline{u}}^T \underline{\underline{t}} dS \quad (1-6)$$

Với: $\underline{\underline{t}}$ là vectơ phản lực tại các biên.

Sự phát triển của trạng thái ứng suất $\underline{\underline{\sigma}}$ được xác định:

$$\begin{aligned} \underline{\underline{\sigma}}^i &= \underline{\underline{\sigma}}^{i-1} + \Delta \underline{\underline{\sigma}} \\ \Delta \underline{\underline{\sigma}} &= \int \underline{\underline{\sigma}} dt \end{aligned} \quad (1-7)$$

Với: $\underline{\underline{\sigma}}^i$ - trạng thái ứng suất thực chưa biết.

$\underline{\underline{\sigma}}^{i-1}$ - trạng thái ứng suất ban đầu đã biết.

$\Delta \underline{\underline{\sigma}}$ - số gia ứng suất (biến thiên ứng suất trong một đơn vị thời gian).

Phương trình (1-7) xác định $\underline{\underline{\sigma}}^i$ ở bước tính toán thứ i , thì $\underline{\underline{\sigma}}^{i-1}$ được xác định theo phương trình:

$$\int \delta \underline{\underline{\varepsilon}}^T \Delta \underline{\underline{\sigma}} dV = \int \delta \underline{\underline{u}}^T \underline{\underline{p}}^i dV + \int \delta \underline{\underline{u}}^T \underline{\underline{t}}^i dS - \int \delta \underline{\underline{\varepsilon}}^T \underline{\underline{\sigma}}^{i-1} dV \quad (1-8)$$

Nên chú ý đến số lượng của tất cả các đại lượng xuất hiện trong phương trình từ (1-1) đến (1-8) được đặc trưng bởi các vị trí trong không gian 3 chiều.

1.1.2. Rời rạc hoá theo lưới phần tử hữu hạn

Theo phương pháp phần tử hữu hạn, một vật thể liên tục có thể được rời rạc thành các phần tử nhỏ hơn. Mỗi phần tử bao gồm một số nút, mỗi nút có số bậc tự do xác định. thông qua số bậc tự do của nút, xác định được điều kiện biên và có thể giải bài toán. Theo lý thuyết về biến dạng, số bậc tự do tương ứng với các thành phần chuyển vị.

Trường chuyên vị của một phần tử \underline{u} nhận được từ các giá trị riêng biệt trong vectơ \underline{v} sử dụng hàm nội suy thể hiện trong ma trận \underline{N} , khi đó:

$$\underline{u} = \underline{N}\underline{v} \quad (1-9)$$

Hàm nội suy trong ma trận \underline{N} giống như một hàm hình dạng. Sự thay thế của phương trình (1-9) trong mối quan hệ động học đưa ra:

$$\underline{\varepsilon} = \underline{L}\underline{N}\underline{v} = \underline{B}\underline{v} \quad (1-10)$$

Với \underline{B} là ma trận nội suy của biến dạng, bao gồm các thành phần không gian của hàm nội suy. Phương trình (1-9) và (1-10) có vai trò giống nhau. Phương trình (1-8) được biến đổi thành phương trình sau:

$$\int (\underline{B}\delta\underline{v})^T \Delta\underline{\sigma} dV = \int (\underline{N}\delta\underline{v})^T \underline{p}^i dV + \int (\underline{N}\delta\underline{v})^T \underline{t}^i dS - \int (\underline{B}\delta\underline{v})^T \underline{\sigma}^{i-1} dV \quad (1-11)$$

Chuyển vị riêng rẽ của các nút khi xét đến đầy đủ các yếu tố:

$$\delta\underline{v}^T \int \underline{B}^T \Delta\underline{\sigma} dV = \delta\underline{v}^T \int \underline{N}^T \underline{p}^i dV + \delta\underline{v}^T \int \underline{N}^T \underline{t}^i dS - \delta\underline{v}^T \int \underline{B}^T \underline{\sigma}^{i-1} dV \quad (1-12)$$

Rút gọn cả hai vế cho $\delta\underline{v}^T$ được phương trình (1-13):

$$\int \underline{B}^T \Delta\underline{\sigma} dV = \int \underline{N}^T \underline{p}^i dV + \int \underline{N}^T \underline{t}^i dS - \int \underline{B}^T \underline{\sigma}^{i-1} dV \quad (1-13)$$

Phương trình trên chi tiết hoá điều kiện cân bằng trong các mẫu rời rạc. Sự chênh lệch giữa vectơ ngoại lực và vectơ phản lực được cân bằng bởi số gia $\Delta\underline{\sigma}$.

Mối quan hệ giữa ứng suất - biến dạng thường là mối quan hệ phi tuyến. Biến dạng thường không tính toán trực tiếp được, tuy nhiên phương pháp lặp có thể giải quyết được bài toán trên dựa vào phương trình cân bằng (1-13) cho mọi chất điểm. Phương pháp lặp được trình bày chi tiết trong phần 1.1.4.

1.1.3. Vật liệu đàn hồi

Số gia ứng suất $\Delta\underline{\sigma}$ thu được từ phương trình (1-7) được viết lại như sau:

$$\Delta\underline{\sigma} = \underline{D}^c (\Delta\underline{\varepsilon} - \Delta\underline{\varepsilon}^p) \quad (1-14)$$

Với \underline{D}^c là ma trận đàn hồi của vật liệu. Số gia biến dạng $\Delta\underline{\varepsilon}$ thu được từ số gia chuyển vị $\Delta\underline{v}$ sử dụng ma trận nội suy biến dạng \underline{B} , giống như phương trình (1-10).

Đối với vật liệu đàn hồi, số gia biến dạng dẻo $\Delta\underline{\varepsilon}^p$ bằng 0. Đối với vật liệu dẻo $\Delta\underline{\varepsilon}^p$ được tính như sau:

$$\Delta \underline{\varepsilon}^p = \Delta \lambda \left[(1-\omega) \left(\frac{\partial \underline{g}}{\partial \underline{\sigma}} \right)^{i-1} + \omega \left(\frac{\partial \underline{g}}{\partial \underline{\sigma}} \right)^i \right] \quad (1-15)$$

Với: $\Delta \lambda$ - số gia của hệ số dẻo;

ω - tham số chỉ ra loại tích phân thời gian ($\omega = 0$ - tích phân hàm hiện;
 $\omega = 1$ - tích phân hàm ẩn).

Với: $\omega = 1$, phương trình (1-15) có thể rút gọn thành:

$$\Delta \underline{\varepsilon}^p = \Delta \lambda \left(\frac{\partial \underline{g}}{\partial \underline{\sigma}} \right)^i \quad (1-16)$$

Thay biểu thức (1-16) vào phương trình (1-14) được:

$$\underline{\sigma}^i = \underline{\sigma}^{tr} - \Delta \lambda \underline{D}^e \left(\frac{\partial \underline{g}}{\partial \underline{\sigma}} \right)^i \quad \text{với } \underline{\sigma}^i = \underline{\sigma}^{i-1} + \underline{D}^e \Delta \underline{\varepsilon} \quad (1-17)$$

Với: $\underline{\sigma}^i$ - véc tơ ứng suất phụ, giống như ứng suất đàn hồi hoặc ứng suất thử, là trạng thái ứng suất mới khi coi vật liệu hoàn toàn là vật liệu đàn hồi tuyến tính.

$\Delta \lambda$ - số gia của hệ số dẻo, có thể giải được từ điều kiện mà trạng thái ứng suất mới thoả mãn điều kiện chảy dẻo:

$$f(\underline{\sigma}^i) = 0 \quad (1-18)$$

Đối với các mẫu có tính dẻo lý tưởng và tuyến tính, số gia của hệ số dẻo có thể viết lại như sau:

$$\Delta \lambda = \frac{f(\underline{\sigma}^{tr})}{d+h} \quad (1-19)$$

Với:
$$d = \left(\frac{\partial f}{\partial \underline{\sigma}} \right)^{\underline{\sigma}^{tr}} \underline{D}^e \left(\frac{\partial \underline{g}}{\partial \underline{\sigma}} \right)^i \quad (1-20)$$

Với: h - hệ số cứng, bằng 0 đối với các mẫu dẻo lý tưởng, không đổi khi mẫu dẻo có tính độ cứng tuyến tính. Trong các trường hợp sau trạng thái ứng suất mới có thể được tính như sau:

$$\underline{\sigma}^i = \underline{\sigma}^{tr} - \frac{\langle f(\underline{\sigma}^{tr}) \rangle}{d+h} \underline{D}^e \left(\frac{\partial \underline{g}}{\partial \underline{\sigma}} \right)^i \quad (1-21)$$

Dấu $\langle \rangle$ được gọi là dấu vòng Mc Cauley, được quy ước như sau:

$$\langle x \rangle = 0 \quad \text{với } x \leq 0 \quad \text{và} \quad \langle x \rangle = x \quad \text{với } x > 0$$

1.1.4. Phương pháp tính lặp

Mối quan hệ giữa sự gia tăng ứng suất và sự gia tăng biến dạng trong phương trình (1-13), $\underline{\underline{K}} \Delta \underline{\underline{v}} = \underline{\underline{f}}_{\text{ex}} - \underline{\underline{f}}_{\text{in}}^i$ được biến đổi lại như sau:

$$\underline{\underline{K}}^i \Delta \underline{\underline{v}}^i = \underline{\underline{f}}_{\text{ex}} - \underline{\underline{f}}_{\text{in}}^{j-1} \quad (1-22)$$

Với: $\underline{\underline{K}}$ - ma trận độ cứng;

$\Delta \underline{\underline{v}}$ - số gia véctơ chuyển vị;

$\underline{\underline{f}}_{\text{ex}}^i$ - véctơ ngoại lực;

$\underline{\underline{f}}_{\text{in}}^{i-1}$ - véctơ phản lực;

i - thứ tự bước lặp.

Tuy nhiên quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là quan hệ phi tuyến, ma trận độ cứng không thể tìm ra một cách chính xác. Do đó, chu trình lặp tổng quát phải thoả mãn cả điều kiện cân bằng và quan hệ về cấu tạo. Chu trình lặp tổng quát được viết như sau:

$$\underline{\underline{K}}^j \Delta \underline{\underline{v}}^j = \underline{\underline{f}}_{\text{ex}} - \underline{\underline{f}}_{\text{in}}^{j-1} \quad (1-23)$$

Với: j - số vòng lặp

Chuyển vị của bước thứ i :

$$\Delta \underline{\underline{v}}^i = \sum_{j=1}^n \delta \underline{\underline{v}}^j \quad (1-24)$$

$\delta \underline{\underline{v}}$ - số gia của chuyển vị

Ma trận độ cứng $\underline{\underline{K}}$ được sử dụng trong phương trình (1-23) thể hiện một cách gần đúng tính chất của vật liệu. Để chính xác hơn ma trận độ cứng, một vài bước lặp đòi hỏi đạt được trạng thái cân bằng trong phạm vi dung sai cho phép.

Dạng đơn giản nhất của $\underline{\underline{K}}$ trong trường hợp đáp ứng điều kiện của vật liệu đàn hồi tuyến tính. Trong trường hợp đó, ma trận độ cứng có thể được tính như sau:

$$\underline{\underline{K}} = \int \underline{\underline{B}}^T \underline{\underline{D}}^e \underline{\underline{B}} \, dV \quad (1-25)$$

với: $\underline{\underline{D}}^e$ - ma trận của vật liệu đàn hồi tuân theo Định luật Hooke.

$\underline{\underline{B}}$ - ma trận nội suy của biến dạng.

Sử dụng ma trận độ cứng của vật liệu đàn hồi nhằm vòng lặp đủ dài trong khi độ cứng của vật liệu không tăng, thậm chí khi sử dụng cả các mô hình không liên kết dẻo.

Đối với các vật liệu đàn hồi tuyến tính, như mô hình Mohr-Coulomb, việc sử dụng ma trận độ cứng đặc biệt thuận tiện, tuy nhiên cần phải được phân tích trước bước tính toán đầu tiên. Các bước tính toán được tổng kết trong phụ lục A.

1.2. LÝ THUYẾT DÒNG CHẢY NGÂM

Trong chương này chúng ta sẽ xem xét lý thuyết về dòng chảy ngầm được sử dụng trong Plaxis. Trong mô tả chung về dòng chảy ngầm, để giải bài toán này chúng ta cũng sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn.

1.2.1. Phương trình cơ bản của dòng chảy ổn định

Dòng chảy trong một lỗ nhỏ trung bình có thể được diễn tả bởi Định luật Darcy. Xét dòng chảy trong mặt phẳng thẳng đứng x-0-y theo phương trình được áp dụng dưới đây:

$$\begin{aligned}q_x &= -k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \\q_y &= -k_y \frac{\partial \phi}{\partial y}\end{aligned}\tag{1-26}$$

Với: q - lưu lượng dòng chảy;

k - hệ số thấm;

ϕ - gradient cột nước.

ϕ được định nghĩa như sau: Các phương trình biểu thị rằng lưu lượng đặc trưng q , phụ thuộc vào tính thấm k và độ dốc của áp lực nước ngầm. Trong đó, ϕ được xác định như sau:

$$\phi = y - \frac{p}{\gamma_w}\tag{1-27}$$

Với: y - toạ độ trên trục tung.

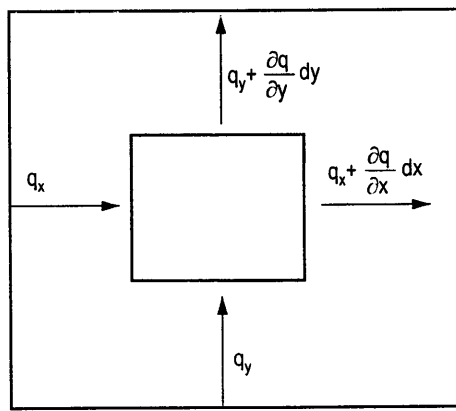
p - áp lực chất lỏng (chủ động hoặc bị động).

γ_w - trọng lượng riêng của chất lỏng.

Đối với dòng chảy trong môi trường liên tục ta có:

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0\tag{1-28}$$

Phương trình trên biểu thị không có mạng lưới dòng chảy vào hay dòng chảy ra trong một diện tích cơ bản, như minh hoạ trong hình 1.1.



Hình 1.1: Minh họa điều kiện liên tục

1.2.2. Phương pháp phần tử hữu hạn giải bài toán dòng chảy ngầm

Cột nước ngầm tại bất cứ vị trí nào trong phạm vi phần tử cũng có thể được quy về nút của phần tử:

$$\phi(\xi, \eta) = \underline{N}\phi^e \quad (1-29)$$

trong đó: \underline{N} - véc tơ với hàm nội suy;

ξ và η - tọa độ địa phương phần tử.

Theo phương trình (1-26) thì lưu lượng dòng được tính dựa trên gradient của cột nước ngầm, nó có thể được xác định thông qua ma trận \underline{B} . Dòng chảy trong đất bão hoà (dưới mực nước ngầm) cũng như dòng chảy trong đất chưa bão hoà (trên mực nước ngầm) phải nhân với một hệ số suy giảm K^r tuân theo Định luật Darcy:

$$\begin{aligned} q_x &= -K^r k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ q_y &= -K^r k_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \end{aligned} \quad (1-30)$$

K^r có giá trị bằng 1 phía dưới mực nước ngầm và có giá trị thấp hơn ở phía trên mực nước ngầm (áp lực lỗ rỗng kéo). Trong vùng chuyển tiếp phía trên mực nước ngầm, giá trị trên giảm xuống tối thiểu bằng 10^{-4} .

$$K^r = 10^{-4h/h_k} \quad 10^{-4} \leq K^r \leq 1 \quad (1-31)$$

Hay:
$${}^{10} \log(K^r) = -\frac{4h}{h_k} \quad (1-32)$$

Với: h - chiều cao cột nước tĩnh;

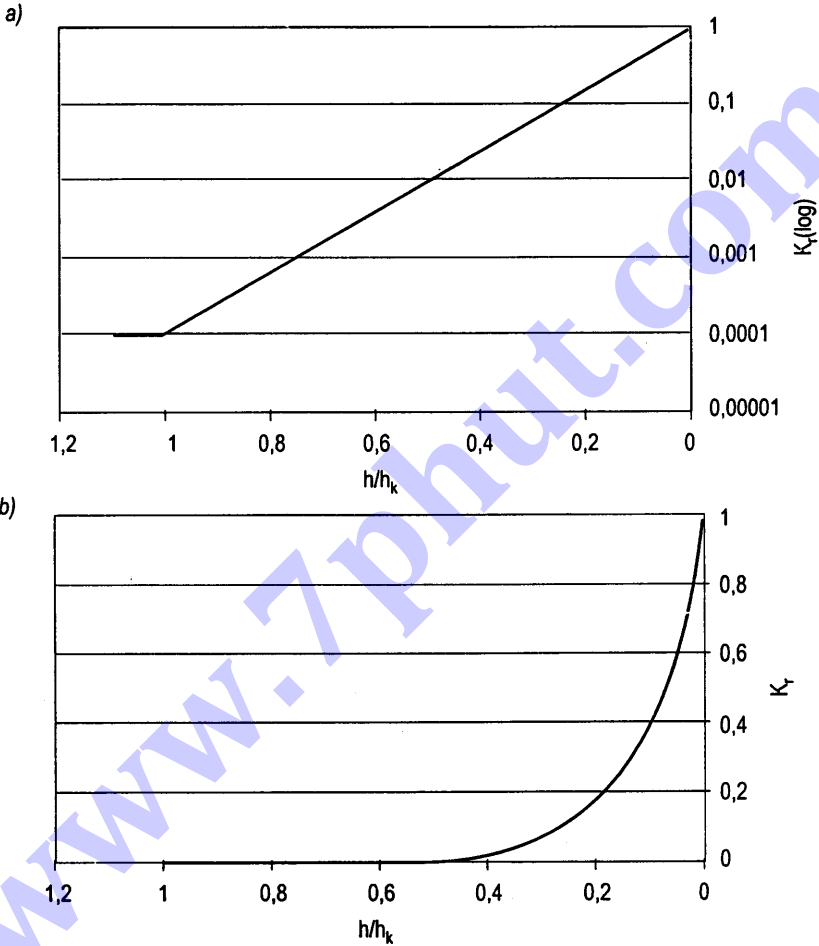
h_k - chiều cao cột nước tĩnh tại điểm có hệ số suy giảm đạt giá trị min bằng 10^{-4} .

Trong Plaxis, h_k có giá trị mặc định bằng 0,7m (độc lập với cách chọn độ dài đơn vị).
 Trong phương trình số, lưu lượng dòng chảy \underline{q} được viết như sau:

$$\underline{q} = -K^T \underline{R} B \phi^e \quad (1-33)$$

trong đó:

$$\underline{q} = \begin{bmatrix} q_x \\ q_y \end{bmatrix} \quad \underline{R} = \begin{bmatrix} k_x & 0 \\ 0 & k_y \end{bmatrix} \quad (1-34)$$



Hình 1.2: Điều chỉnh của hệ số thấm giữa vùng bão hòa (a) và không bão hòa (b)

Từ lưu lượng đặc trưng trong các điểm lấy tích phân \underline{q} , lưu lượng nút \underline{Q}^e có thể được tính như sau:

$$\underline{Q}^e = - \int \underline{B}^T \underline{q} dV \quad (1-35)$$

trong đó: \underline{B}^T - chuyển vị của ma trận B.

- Trên bề mặt rời rạc hoá thành các phần tử, lưu lượng được xác định theo công thức sau:

$$\underline{Q}^e = \underline{K}^e \underline{\phi}^e \text{ với } \underline{K}^e = \int \underline{K}^T \underline{B}^T \underline{R} \underline{B} dV \quad (1-36)$$

- Trên một mặt phẳng cầu, lưu lượng được xác định theo công thức sau:

$$\underline{Q} = \underline{K} \underline{\phi} \quad (1-37)$$

trong đó: \underline{K} là ma trận toàn bộ lưu lượng;

\underline{Q} bao gồm lưu lượng quy định được đưa ra bởi các điều kiện biên.

Trong trường hợp mà mực nước ngầm không biết, một sự chu trình Picard được sử dụng để giải hệ thống các phương trình lặp. Tập hợp tuyến tính được giải và chu trình lặp có thể được phương trình hoá như sau:

$$\begin{aligned} \underline{K}^{j-1} \delta \underline{\phi}^j &= \underline{Q} - \underline{K}^{j-1} \underline{\phi}^{j-1} \\ \underline{\phi}^j &= \underline{\phi}^{j-1} + \delta \underline{\phi}^j \end{aligned} \quad (1-38)$$

Với: j - chỉ số lặp;

\underline{r} - véctơ không cân bằng.

Mỗi lần lặp của cột nước ngầm được tính toán dựa trên sự mất cân bằng của dòng chảy tại nút và các thành phần thêm vào cột nước hoạt động.

Từ sự phân bố mới của cột nước ngầm, lưu lượng mới của dòng chảy được tính toán phù hợp với phương trình 1-35. Chu trình được tính toán cho tới khi đạt được các chỉ tiêu của điều kiện mất cân bằng, ví dụ như độ sai số dòng chảy tại nút nhỏ hơn sai số dòng chảy cho phép.

1.2.3. Dòng chảy trong bề mặt các phần tử

Bề mặt các phần tử được xem xét đặc biệt trong tính toán mực nước ngầm. Các phần tử có thể xuất hiện hoặc không xuất hiện. Khi các phần tử được tắt, đó là tập hợp đầy đủ các cấp áp lực lỗ rỗng của sự tự do. Khi bề mặt các phần tử được bật lên, khi đó không có dòng chảy từ phía này của bề mặt phần tử đến một phía khác.

1.3. LÝ THUYẾT CỔ KẾT

Trong phần này chúng ta sẽ xem xét lại lý thuyết cổ kết được sử dụng trong Plaxis. Lý thuyết cổ kết được đề cập đến là lý thuyết cổ kết của Biot, và tiêu điểm vẫn là áp dụng cho phương pháp phần tử hữu hạn (của vật liệu đàn dẻo).

1.3.1. Các phương trình cơ bản của lý thuyết cổ kết

Các phương trình về cổ kết được sử dụng trong Plaxis dựa trên lý thuyết của Biot (Biot, 1956). Định luật Darcy cho dòng chảy lỏng và vật liệu đàn hồi được giả thiết cho đất nền. Các phương trình được thiết lập trên giả thiết biến dạng nhỏ. Theo nguyên lý của Terzaghi, ứng suất được chia thành ứng suất hữu hiệu và áp lực nước lỗ rỗng:

$$\underline{\sigma} = \underline{\sigma}' + \underline{m}(p_{\text{steady}} + p_{\text{excess}}) \quad (1-39)$$

$$\text{Với: } \underline{\sigma} = (\sigma_{xx} \sigma_{yy} \sigma_{zz} \sigma_{xy} \sigma_{yz} \sigma_{zx})^T \text{ và } \underline{m} = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)^T \quad (1-40)$$

trong đó:

$\underline{\sigma}$ - véctơ ứng suất tổng;

$\underline{\sigma}'$ - ứng suất hữu hiệu;

p_{excess} - áp lực dư lỗ rỗng;

m - véctơ đơn vị của thành phần ứng suất pháp;

số hạng 0 là thành phần ứng suất cắt.

Lời giải cho điều kiện ổn định khi kết thúc quá trình cổ kết là p_{steady} . Trong Plaxis, p_{steady} được định nghĩa như sau:

$$p_{\text{steady}} = \sum M_{\text{weight}} - p_{\text{input}} \quad (1-41)$$

Với: p_{input} - áp lực nước lỗ rỗng tổng trong đầu vào của chương trình dựa trên mực nước ngầm hoặc tính toán dòng chảy ngầm.

Chú ý: trong phạm vi của Plaxis, ứng suất nén được xem là bị động, được áp dụng cho ứng suất hữu hiệu cũng như đối với áp lực nước lỗ rỗng.

Các phương trình cơ bản được viết dưới dạng gia tăng. Ký hiệu ứng suất hữu hiệu gia tăng là $\underline{\sigma}'$ và biến dạng gia tăng là $\underline{\epsilon}'$, phương trình cân bằng là:

$$\underline{\sigma}' = \underline{M}\underline{\epsilon}' \quad (1-42)$$

$$\text{Với: } \underline{\epsilon}' = (\epsilon'_{xx} \epsilon'_{yy} \epsilon'_{zz} \gamma'_{zy} \gamma'_{yz} \gamma'_{zx})^T \quad (1-43)$$

trong đó: \underline{M} - ma trận độ cứng của vật liệu.

1.3.2. Phương pháp phần tử hữu hạn giải bài toán cổ kết

Cũng áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn, chúng ta sử dụng các ký hiệu chung sau:

$$\underline{u} = \underline{N}v$$

$$\underline{p} = \underline{N}p_n$$

$$\underline{\varepsilon} = \underline{B}v$$

(1-44)

trong đó:

\underline{v} - véctơ chuyển vị nút.

\underline{p}_n - véctơ áp lực nước lỗ rỗng hữu hiệu.

\underline{u} - véctơ chuyển vị của môi trường liên tục trong phạm vi phần tử.

\underline{p} - áp lực nước lỗ rỗng (hữu hiệu).

\underline{N} - ma trận hàm nội suy.

\underline{B} - ma trận nội suy biến dạng.

Một cách tổng quát, hàm nội suy chuyển vị có thể khác so với hàm nội suy áp lực nước lỗ rỗng. Tuy nhiên trong Plaxis, 2 hàm trên được sử dụng giống nhau.

Xuất phát từ phương trình cân bằng và áp dụng cho phần tử hữu hạn tương ứng ở trên, chúng ta được:

$$\int \underline{B}^T d\underline{\sigma} dV = \int \underline{N}^T d\underline{f} dV + \int \underline{N}^T d\underline{t} dS + \underline{r}_0 \quad (1-45)$$

$$\text{Với:} \quad \underline{r}_0 = \int \underline{N}^T \underline{f}_0 dV + \int \underline{N}^T \underline{t}_0 dS - \int \underline{B}^T \underline{\sigma}_0 dV \quad (1-46)$$

trong đó:

\underline{f} - lực khối tương ứng với trọng lượng bản thân;

\underline{t} - lực căng bề mặt.

Nhìn chung, véctơ lực dư \underline{r}_0 bằng 0, tuy nhiên đối với trường hợp tải đầu tiên có thể không như vậy. Bằng cách thêm những véctơ lực dư, quá trình tính toán sẽ tự điều chỉnh. Ký hiệu dV chỉ ra tích phân lấy trên thể tích của vật thể và dS chỉ ra tích phân mặt.

Chia ứng suất tổng thành áp lực nước lỗ rỗng và ứng suất hữu hiệu và đưa vào quan hệ cơ bản, ta được phương trình cân bằng tại nút:

$$\underline{K}d\underline{v} + \underline{L}d\underline{p}_n = d\underline{f}_n \quad (1-47)$$

trong đó:

\underline{K} - ma trận độ cứng;

\underline{L} - ma trận liên kết;

$d\underline{f}_n$ - vi phân véctơ tải trọng.

$$\left. \begin{aligned} \underline{\underline{K}} &= \int \underline{\underline{B}}^T \underline{\underline{M}} \underline{\underline{B}} dV \\ \underline{\underline{L}} &= \int \underline{\underline{B}}^T \underline{\underline{m}} \underline{\underline{N}} dV \\ d\underline{\underline{f}}_n &= \int \underline{\underline{N}}^T d\underline{\underline{f}} dV + \int \underline{\underline{N}}^T d\underline{\underline{s}} dS \end{aligned} \right\} \quad (1-48)$$

Bài toán dòng chảy, chấp nhận phương trình liên tục dưới dạng:

$$\frac{\nabla^T \underline{\underline{R}} \nabla (\gamma_w y - p_{steady} - p)}{\gamma_w} - \underline{\underline{m}}^T \frac{\partial \underline{\underline{\epsilon}}}{\partial t} + \frac{\underline{\underline{n}}}{\underline{\underline{K}}_w} \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \quad (1-49)$$

Với: $\underline{\underline{R}}$ - ma trận độ thấm:

$$\underline{\underline{R}} = \begin{bmatrix} k_x & 0 \\ 0 & k_y \end{bmatrix} \quad (1-50)$$

trong đó:

n - độ rỗng;

$\underline{\underline{K}}_w$ - môđun biến dạng khối của chất lỏng trong lỗ rỗng;

γ_w - trọng lượng riêng của chất lỏng.

Phương trình liên tục trên bao gồm dấu hiệu cân bằng mà p_{steady} và p được xét đến là lực kéo dương.

Trạng thái ổn định được định nghĩa bằng phương trình sau:

$$\frac{\nabla^T \underline{\underline{R}} \nabla (\gamma_w y - p_{steady})}{\gamma_w} = 0 \quad (1-51)$$

Phương trình liên tục đưa ra có dạng:

$$\frac{\nabla^T \underline{\underline{R}} \nabla p}{\gamma_w} + \underline{\underline{m}}^T \frac{\partial \underline{\underline{\epsilon}}}{\partial t} - \frac{\underline{\underline{n}}}{\underline{\underline{K}}_w} \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \quad (1-52)$$

Áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn sử dụng chu trình Galerkin và thêm vào điều kiện biên chúng ta được:

$$-\underline{\underline{H}} p_n + \underline{\underline{L}}^T \frac{d\underline{\underline{v}}}{dt} - \underline{\underline{S}} \frac{d\underline{\underline{p}}_n}{dt} = \underline{\underline{q}} \quad (1-53)$$

$$\text{Với: } \underline{\underline{H}} = \frac{\int (\nabla \underline{\underline{N}})^T \underline{\underline{R}} \nabla \underline{\underline{N}}}{\gamma_w} dV \quad \underline{\underline{S}} = \int \frac{\underline{\underline{n}}}{\underline{\underline{K}}_w} \underline{\underline{N}}^T \underline{\underline{N}} dV \quad (1-54)$$

trong đó: $\underline{\underline{q}}$ - tương ứng với dòng chảy xác định ra ngoài biên.

Trong thực tế, mô đun biến dạng thể tích của nước rất cao và khả năng nén được của nước có thể bỏ qua trong khi so sánh với đất nền.

Trong Plaxis, mô đun biến dạng của chất lỏng trong lỗ rỗng được đưa ra một cách tự động theo phương trình sau:

$$\frac{K_w}{n} = \frac{3(v_u - v)}{(1 - 2v_u)(1 + v)} K_{\text{skeleton}} \quad (1-55)$$

Với: v_u nhận giá trị mặc định bằng 0,495.

Giá trị có thể được sửa trong dữ liệu đầu vào của chương trình dựa trên hệ số Skempton B. Đối với các vật liệu khô và các vật liệu vừa được chuyển, mô đun biến dạng của chất lỏng trong lỗ rỗng có thể bỏ qua.

Phương trình cân bằng và phương trình liên tục có thể được rút gọn trong phương trình ma trận:

$$\begin{bmatrix} \underline{\underline{K}} & \underline{\underline{L}} \\ \underline{\underline{L}}^T & -\underline{\underline{S}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{d\underline{v}}{dt} \\ \frac{d\underline{p}_n}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \underline{\underline{H}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{v} \\ \underline{p}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{d\underline{f}_n}{dt} \\ \underline{q}_n \end{bmatrix} \quad (1-56)$$

Từng bước đơn giản của chu trình lặp được sử dụng để giải phương trình. Sử dụng ký hiệu Δ ký hiệu cho số gia hữu hạn và được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} \underline{\underline{K}} & \underline{\underline{L}} \\ \underline{\underline{L}}^T & -\underline{\underline{S}}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\underline{v} \\ \Delta\underline{p}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \Delta t \underline{\underline{H}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{v}_o \\ \underline{p}_{no} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta\underline{f}_n \\ \Delta t \underline{q}_n^* \end{bmatrix} \quad (1-57)$$

$$\text{Với:} \quad \underline{\underline{S}}^* = \alpha \Delta t \underline{\underline{H}} + \underline{\underline{S}} \quad \underline{q}_n^* = \underline{q}_{no} + \alpha \Delta \underline{q}_n \quad (1-58)$$

trong đó:

\underline{v}_o và \underline{p}_{no} - các giá trị ban đầu.

α - hệ số thời gian của tích phân.

Tổng quát: α nhận giá trị 0 và 1, trong Plaxis sử dụng $\alpha = 1$.

1.3.3. Sự cố kết của vật liệu đàn dẻo

Một cách tổng quát, đối với các vật liệu không tuyến tính được sử dụng, phép lặp cần phải đạt tới kết quả chính xác. Phương trình cân bằng (1-47) được viết lại như sau:

$$\underline{\underline{K}} \delta \underline{v} + \underline{\underline{L}} \delta \underline{p}_n = \underline{r}_n \quad (1-59)$$

Với: \underline{r}_n - véctơ lực dư chung.

Tổng gia tăng chuyển vị $\underline{\Delta v}$ bằng tổng của các số gia δv từ tất cả các lần lặp trong chuỗi các bước lặp:

$$\underline{r}_n = \int \underline{N}^T \underline{f} dV + \int \underline{N}^T \underline{t} dS - \int \underline{B}^T \underline{\sigma} dV \quad (1-60)$$

Với:
$$\underline{f} = \underline{f}_0 + \Delta \underline{f} \quad \text{và} \quad \underline{t} = \underline{t}_0 + \Delta \underline{t} \quad (1-61)$$

Trong lần lặp đầu tiên, chú ý rằng $\underline{\sigma} = \underline{\sigma}_0$ ($\underline{\sigma}_0$ ứng suất ban đầu của bước lặp). Các bước lặp kế tiếp sử dụng chuỗi các ứng suất được tính toán từ các mô hình cân bằng tương ứng.

1.4. LẬP CÔNG THỨC CHO CÁC PHẦN TỬ

Trong phần này mô tả các hàm nội suy của phần tử hữu hạn sử dụng trong Plaxis. Mỗi phần tử bao gồm một số các nút. Mỗi nút có một bậc tự do xác định tương ứng với các giá trị biên chưa biết của bài toán. Trong lý thuyết chuyển vị, số bậc tự do tương ứng với các thành phần chuyển vị, trong trường hợp dòng chảy ngầm, số bậc tự do chính là cột nước ngầm. Trong bài toán cố kết, bậc tự do là cả các thành phần chuyển vị và áp lực nước lỗ rỗng (dư). Sau đây sẽ trình bày một số hàm nội suy sử dụng trong Plaxis.

1.4.1. Hàm nội suy của phần tử tuyến tính

Trong phạm vi của một phần tử, trường chuyển vị $\underline{u} = (u_x \ u_y)^T$ thu được từ việc rời rạc hoá nút trong vectơ $\underline{v} = (v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n)^T$ được sử dụng trong hàm nội suy tương ứng với ma trận N:

$$\underline{u} = \underline{N} \underline{v} \quad (1-62)$$

Do đó, hàm nội suy \underline{N} được sử dụng cho các giá trị nội suy bên trong phần tử cơ bản đã biết ở các nút. Hàm nội suy cũng thể hiện hàm hình dạng.

Đầu tiên hãy xét tới các phần tử tuyến tính. Phần tử tuyến tính là dạng chuẩn của phần tử cơ bản và có tải trọng phân bố. Tại hệ toạ độ địa phương ξ của 1 điểm (thường là ứng suất điểm hoặc tích phân điểm) đã biết, có thể viết ra được các thành phần chuyển vị u:

$$u(\xi) = \sum_{i=1}^n N_i(\xi) v_i \quad (1-63)$$

trong đó:

v_i - trị số tại nút.

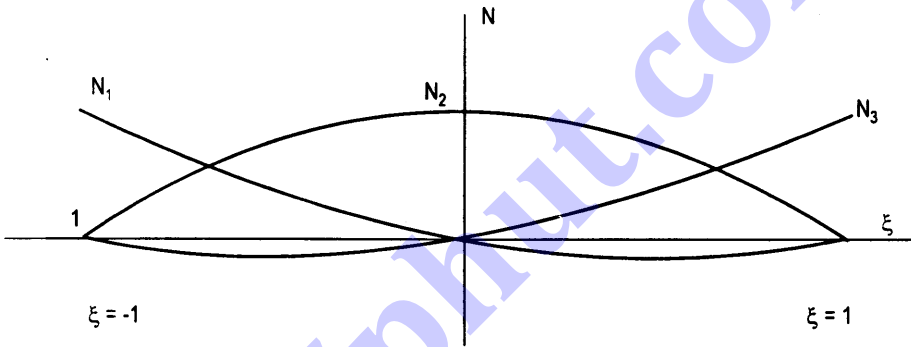
$N_i(\xi)$ - giá trị hàm hình dáng của nút i tại vị trí ξ .

$u(\xi)$ - giá trị kết quả tại vị trí ξ .

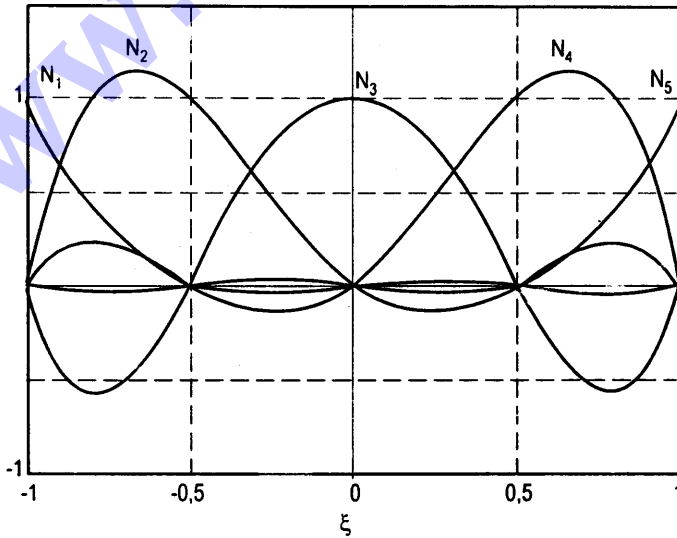
n - số nút của mỗi phần tử.

Trong hình sau đưa ra ví dụ của một phần tử tuyến tính với 3 nút, tương ứng với phần tử tam giác 6 nút trong Plaxis, mỗi mặt có 3 nút. Hàm hình dáng N_i có đặc tính là bằng 1 tại nút i và bằng 0 tại các nút khác. Đối với các phần tử tuyến tính 3 nút, nút 1, 2 và 3 lần lượt có các tọa độ địa phương tương ứng là $\xi = -1, 0$ và 1, hàm hình dáng được đưa ra là:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= -\frac{1}{2}(1-\xi)\xi \\ N_2 &= (1-\xi)(1+\xi) \\ N_3 &= \frac{1}{2}(1+\xi)\xi \end{aligned} \right\} \quad (1-64)$$



Hình 1.3: Hàm hình dáng của phần tử tuyến tính 3 nút



Hình 1.4: Hàm hình dáng của phần tử tuyến tính 5 nút .

Khi sử dụng 15 nút tam giác, có 5 nút ở mỗi mặt. Đối với phần tử tuyến tính 5 nút, tọa độ nút từ 1 đến 5 tương ứng là $\xi = -1, -\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$ và 1, chúng ta có:

$$N_1 = -(1-\xi)(1-2\xi)\xi(-1-2\xi)/6$$

$$N_2 = 4(1-\xi)(1-2\xi)\xi(-1-\xi)/3$$

$$N_3 = (1-\xi)(1-2\xi)(-1-2\xi)(-1-\xi) \quad (1-65)$$

$$N_4 = 4(1-\xi)\xi(1-2\xi)(-1-\xi)/3$$

$$N_5 = (1-2\xi)\xi(1-2\xi)(-1-\xi)/6$$

1.4.2. Hàm nội suy cho phần tử tam giác

Đối với phần tử tam giác có 2 tọa độ địa phương (ξ và η). Thêm đó chúng ta có thể sử dụng 1 tọa độ bổ sung $\zeta = 1 - \xi - \eta$. Đối với phần tử tam giác có 15 nút, các hàm hình dáng có thể viết như sau (số nút địa phương giống như được chỉ ra trên hình 1.5):

$$N_1 = \zeta(4\zeta - 1)(4\zeta - 2)(4\zeta - 3)/6$$

$$N_2 = \xi(4\xi - 1)(4\xi - 2)(4\xi - 3)/6$$

$$N_3 = \eta(4\eta - 1)(4\eta - 2)(4\eta - 3)/6$$

$$N_4 = 4\zeta\xi(4\xi - 1)(4\xi - 1)$$

$$N_5 = 4\xi\eta(4\xi - 1)(4\eta - 1)$$

$$N_6 = 4\eta\zeta(4\eta - 1)(4\zeta - 1)$$

$$N_7 = \zeta\xi(4\zeta - 1)(4\zeta - 2)*8/3 \quad (1-66)$$

$$N_8 = \zeta\xi(4\xi - 1)(4\xi - 2)*8/3$$

$$N_9 = \eta\xi(4\xi - 1)(4\xi - 2)*8/3$$

$$N_{10} = \xi\eta(4\eta - 1)(4\eta - 2)*8/3$$

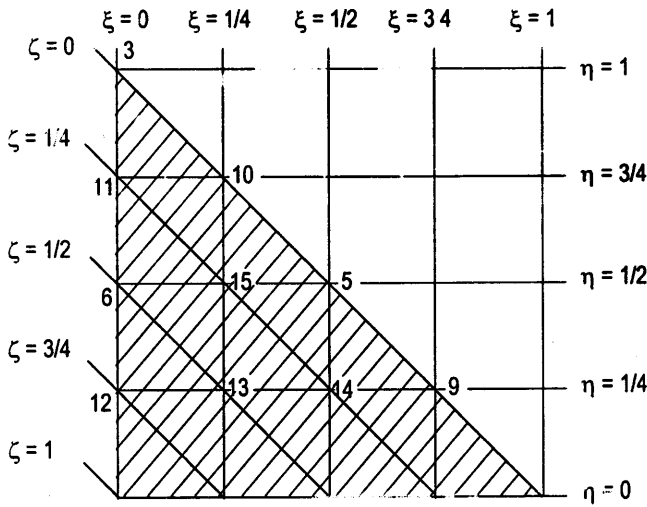
$$N_{11} = \zeta\eta(4\eta - 1)(4\eta - 2)*8/3$$

$$N_{12} = \eta\zeta(4\zeta - 1)(4\zeta - 2)*8/3$$

$$N_{13} = 32\eta\xi\zeta(4\zeta - 1)$$

$$N_{14} = 32\eta\xi\zeta(4\xi - 1)$$

$$N_{15} = 32\eta\xi\zeta(4\eta - 1)$$



Hình 1.5: Sơ toạ độ địa phương và vị trí của các nút

Giống như vậy, phần tử 6 nút có hàm hình dáng sau:

$$\left. \begin{aligned}
 N_1 &= \zeta(2\zeta-1) \\
 N_2 &= \xi(2\xi-1) \\
 N_3 &= \eta(2\eta-1) \\
 N_4 &= 4\zeta\xi \\
 N_5 &= 4\xi\eta \\
 N_6 &= 4\eta\zeta
 \end{aligned} \right\} \quad (1-67)$$

1.4.3. Tích phân số của phần tử tuyến tính

$$\int_{\xi=-1}^1 F(\xi) d\xi \approx \sum_{i=1}^k F(\xi_i) w_i \quad (1-68)$$

trong đó:

$F(\xi)$ - giá trị của hàm F tại vị trí ξ_i .

w_i - hệ số khối lượng tại điểm i .

k - tổng mẫu điểm được sử dụng.

Hai phương pháp thường được sử dụng trong Plaxis, đầu tiên là tích phân Newton-Cotes cho điểm ξ_i được chọn tại vị trí của nút; thứ 2 là tích phân Gauss cho số điểm ít hơn tại một số vị trí đặc biệt có thể đạt được độ chính xác cao. Vị trí hệ số khối lượng của hai loại tích phân trên được đưa ra tương ứng trong bảng 1.1 và 1.2. Chú ý rằng sau khi cộng tất cả các hệ số khối lượng bằng 2.

Bảng 1.1: Tích phân Newton-Cotes

	ξ_i	w_i
2 nút	± 1	1
3 nút	$\pm 1, 0$	1/3, 4/3
4 nút	$\pm 1, \pm 1/3$	1/4, 3/4
5 nút	$\pm 1, \pm 1/2, 0$	7/45, 32/45, 12/45

Bảng 1.2. Tích phân Gauss

	ξ_i	w_i
1 điểm	0,0000000...	2
2 điểm	$\pm 0,577350...(\pm 1/\sqrt{3})$	1
3 điểm	$\pm 0,774596...(\pm \sqrt{0,6})$ 0,000000...	0,55555... (5/9) 0,88888... (8/9)
4 điểm	$\pm 0,861136...$ $\pm 0,339981...$	0,347854... 0,652145...
5 điểm	$\pm 0,906179...$ $\pm 0,538469...$ 0,0000000...	0,236926... 0,478628... 0,568888...

1.4.4. Tích phân số cho phần tử tam giác

Đối với phần tử tuyến tính, phương trình tích phân số áp dụng như sau:

$$\iint F(\xi, \eta) d\xi d\eta \approx \sum_{i=1}^k F(\xi_i, \eta_i) w_i \quad (1-69)$$

Plaxis sử dụng tích phân Gauss cho các phần tử tam giác. Cho các phần tử 6 nút, tích phân lấy cho 3 mẫu điểm. Còn đối với phần tử 15 nút sử dụng 12 mẫu điểm. Vị trí và hệ số khối lượng của tích phân điểm được đưa ra trong bảng 1.3 và 1.4. Chú ý rằng trái với phần tử tuyến tính, tổng hệ số khối lượng bằng 1.

Bảng 1.3: Ba điểm tích phân của phần tử 6 nút

Điểm	ξ_i	η_i	ζ_i	w_i
1,2 và 3	1/6	1/6	2/3	1/3

Bảng 1.4: 12 điểm tích phân của phần tử 15 nút

Điểm	ξ_i	η_i	ζ_i	w_i
1,2 và 3	0,063089...	0,063089...	0,873821...	0,050845...
4..6	0,249286...	0,249286...	0,501426...	0,116786...
7..12	0,310352...	0,053145...	0,636502...	0,082851...

1.4.5. Đạo hàm của hàm hình dáng

Yêu cầu tính toán thành phần biến dạng Đề các từ chuyển vị, giống như trong phương trình (1-10), đạo hàm tính toán theo hệ tọa độ chính (x, y, z).

$$\underline{\varepsilon} = \underline{B}_i \underline{v}_i \quad (1-70)$$

Với:

$$\underline{B}_i = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_i}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial N_i}{\partial z} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} & \frac{\partial N_i}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_i}{\partial z} & \frac{\partial N_i}{\partial y} \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} & 0 & \frac{\partial N_i}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (1-71)$$

Trong phạm vi của phần tử, đạo hàm tính toán theo hệ tọa độ địa phương (ξ, η, ζ), mối quan hệ giữa đạo hàm theo hệ tọa độ địa phương và hệ tọa độ chính thông qua ma trận Jacobian J:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} & \frac{\partial z}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} & \frac{\partial z}{\partial \eta} \\ \frac{\partial x}{\partial \zeta} & \frac{\partial y}{\partial \zeta} & \frac{\partial z}{\partial \zeta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} \end{bmatrix} = J \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} \end{bmatrix} \quad (1-72)$$

Hoặc ngược lại:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \zeta} \end{bmatrix} \quad (1-73)$$

Ví dụ đạo hàm theo hệ tọa độ địa phương có thể dễ dàng thực hiện cho hàm hình dáng, từ hàm hình dáng thiết lập trong hệ tọa độ địa phương. Các thành phần của Jacobian gồm tọa độ của các nút khác nhau. Ma trận nghịch đảo của ma trận Jacobian J^{-1} tìm được bằng phép nghịch đảo ma trận J .

Các thành phần biến dạng trong hệ tọa độ Đề các có thể được tính toán bằng cách lấy tổng của các nút:

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \epsilon_{zz} \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{bmatrix} = \sum_i \underline{\underline{B}}_i \begin{bmatrix} v_{x,i} \\ v_{y,i} \\ v_{z,i} \end{bmatrix} \quad (1-74)$$

Với v_i là các thành phần chuyển vị tại nút i .

Thành phần biến dạng theo trục z được định nghĩa $\epsilon_{zz} = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$. Phân tích đối xứng trục, có thể áp dụng điều kiện sau:

$$\epsilon_{zz} = \frac{u_x}{r} \text{ và } \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0 \quad (r = \text{bán kính})$$

1.4.6. Tính toán ma trận độ cứng của phần tử

Ma trận độ cứng của phần tử, $\underline{\underline{K}}^e$ được tính bởi tích phân (xem phương trình 1-25):

$$\underline{\underline{K}}^e = \int \underline{\underline{B}}^T \underline{\underline{D}}^e \underline{\underline{B}} dV \quad (1-75)$$

Phép lấy tích phân số đã được trình bày ở phần trên. Trong thực tế ma trận độ cứng của phần tử được tổ hợp từ các ma trận con $\underline{\underline{K}}_{ij}^e$ với i và j là các nút địa phương. Chu trình tính toán ma trận độ cứng của phần tử có thể được trình bày như sau:

$$\underline{\underline{K}}_{ij}^e = \int \underline{\underline{B}}_i^T \underline{\underline{D}}^e \underline{\underline{B}}_j w_k \quad (1-76)$$

Chương 2

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG PHẦN MỀM PLAXIS

2.1. ĐẶC ĐIỂM CHUNG

Chương trình Plaxis được chia thành 4 môđun như sau:

- Môđun nhập dữ liệu vào (Input).
- Môđun tính toán (Calculations).
- Môđun biểu diễn kết quả tính toán (Output).
- Môđun biểu diễn mối quan hệ ứng suất và biến dạng (Curves).

2.1.1. Các đơn vị dùng trong Plaxis

Trước khi nhập dữ liệu, để tránh sai sót dữ liệu đầu vào, đầu ra cho phần mềm này, người sử dụng cần chú ý chuyển đổi về các đơn vị đo được sử dụng trong phần mềm theo bảng sau:

Bảng 2.1: Các đơn vị sử dụng trong phần mềm Plaxis

Loại đơn vị	Đại lượng	Hệ SI	Hệ Mỹ
Đơn vị cơ bản	Chiều dài	m	in
	Lực	kN	lb
	Thời gian	ngày	sec
Đơn vị hình học	Toạ độ	m	in
	Chuyển vị	m	in
Tính chất vật liệu	Môđun young	kN/m ² = kPa	psi
	Lực dính đơn vị	kPa	psi
	Góc ma sát	độ	độ
	Góc chảy	độ	độ
	Trọng lượng ĐV	kN/m ³	lb/cu in
	Hệ số thấm	m/ ngày	in/sec
Lực và ứng suất	Lực tập trung	kN	lb
	Tải trọng tuyến tính	kN/m	lb/in
	Tải trọng phân bố	kPa	psi
	ứng suất	kPa	psi
Thấm	Lưu lượng giếng	m ³ / ngày	ft ³ /sec
	Thần biên	m/ ngày	ft/sec

2.1.2. Các dạng dữ liệu trong phần mềm Plaxis

Trong phần mềm Plaxis, khai báo đầu vào được thực hiện bằng cách kết hợp sử dụng chuột và bàn phím. Thông thường có 4 loại dữ liệu đầu vào sau đây:

- Dữ liệu đầu vào dạng hình học (ví dụ: bản vẽ lớp đất)
- Dữ liệu đầu vào dạng chữ (ví dụ: tên dự án)
- Dữ liệu đầu vào dạng số (ví dụ: trọng lượng riêng đất)
- Dữ liệu đầu vào là sự lựa chọn (ví dụ: chọn lựa giữa các dạng đất)

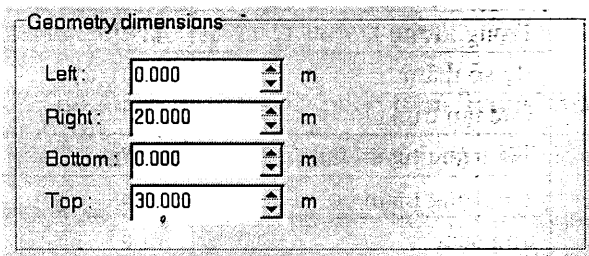
Chuột thường được sử dụng để vẽ và chọn mục Option trong khi bàn phím được sử dụng để nhập chữ và giá trị

a) Dạng dữ liệu chữ và số (phải nhập)

Như đối với hầu hết các phần mềm khác, việc khai báo chữ và giá trị là bắt buộc. Các dữ liệu bắt buộc được để trong các hộp hiệu chỉnh. Các hộp hiệu chỉnh cho cùng một chủ đề đặc biệt được tập hợp thành nhóm trên màn hình. Các chữ và giá trị được nhập từ bàn, kết thúc bằng phím <Enter> hay phím <Tab>. Khi đó giá trị sẽ được chấp nhận và vùng nhập số liệu tiếp theo sẽ được đánh dấu. Ở một số nước, như Hà Lan, dấu ngăn cách thập phân là dấu phẩy “,”, tuy nhiên việc nhập dữ liệu phải phụ thuộc nước cài hệ điều hành.

Một số thông số có thể được khai báo mặc định do việc sử dụng phím <Enter> mà không khai báo dữ liệu đầu vào từ bàn phím. Để tránh trường hợp đó, người sử dụng nên điền đầy đủ thông tin vào các vùng dữ liệu trên màn hình cho đến khi đến nút bấm <Ok> trên màn hình, khi đó bấm <Ok> để xác nhận các giá trị và đóng cửa sổ. Hoặc có thể lựa chọn một vùng dữ liệu đầu vào khác bằng cách sử dụng chuột. Để hủy bỏ dữ liệu khai báo và khôi phục lại các dữ liệu trước đó hoặc dữ liệu mặc định ta có thể sử dụng phím <Esc> hoặc kích chuột trái vào nút <Cancel>.

Tính năng *Spin New* được chỉ ra như hình 2.1, cũng như các vùng dữ liệu đầu vào bình thường, một giá trị có thể nhập bằng bàn phím hoặc cũng có thể kích chuột trái vào các biểu tượng mũi tên đi lên ▲ hoặc đi xuống ▼ ở bên phải mỗi vùng để tăng hoặc giảm giá trị đã được xác định trước.



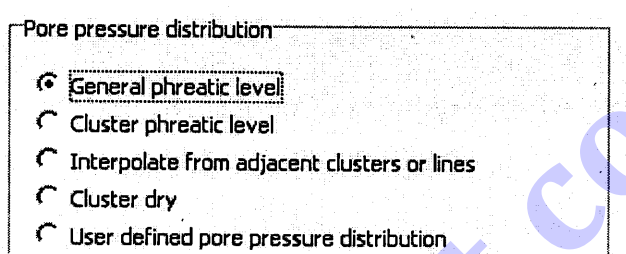
Hình 2.1: Cửa sổ SPIN NEW

b) Dạng dữ liệu lựa chọn (có sẵn)

Những sự lựa chọn có thể được tạo ra bằng các nút bấm radio, các hộp chọn hoặc các hộp kết hợp được miêu tả như dưới đây:

• Nút bấm Radio (hình 2.2):

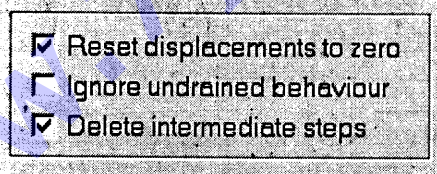
Trên cửa sổ có nút bấm radio chỉ được lựa chọn một chỉ mục, chỉ mục được lựa chọn được thể hiện bằng một dấu chấm đen bên trong vòng tròn trắng bên cạnh chỉ mục. Người sử dụng lựa chọn bằng cách kích chuột trái vào vòng tròn trắng hoặc sử dụng phím lên hoặc xuống trên bàn phím. Khi thay đổi giữa hộp đang làm việc sang một tùy chọn khác, hộp cũ coi như chưa thực hiện.



Hình 2.2: Nút bấm Radio

• Hộp lựa chọn (hình 2.3):

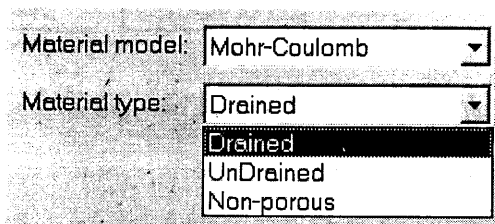
Với các hộp lựa chọn, người sử dụng có thể lựa chọn một hay nhiều chỉ mục cùng một lúc. Lựa chọn các chỉ mục phù hợp bằng cách kích chuột trái hoặc sử dụng phím cách trên bàn phím để điền dấu tích “√” vào ô vuông trắng.



Hình 2.3: Hộp lựa chọn

• Hộp kết hợp (hình 2.4):

Trong hộp kết hợp, người sử dụng chỉ được lựa chọn một lựa chọn từ một danh sách lựa chọn cho sẵn.



Hình 2.4: Hộp kết hợp

c) Dạng dữ liệu hình học

Dữ liệu yêu cầu được sử dụng một cách hợp lý nhất. Môi trường Window cung cấp một số phương thức sắp xếp và hiển thị thông tin trên màn hình. Một số dạng dữ liệu kết cấu được miêu tả như dưới đây.

• Quản lý trang và trang Tab:

Một ví dụ về 1 trang gồm 3 trang Tab được thể hiện trong hình 1.6. Trang Tab được sử dụng để khai báo một số lượng lớn dạng dữ liệu khác nhau mà không thể chứa hết trong một cửa sổ. Lựa chọn trang Tab bằng cách kích chuột trái trên thanh Tab tương ứng hoặc sử dụng phím <Ctrl> và <Tab> trên bàn phím.

• Hộp nhóm:

Hộp nhóm là những hộp chữ nhật có tiêu đề chứa một nhóm các chỉ mục có các tính năng cơ bản. Trên hình 2.5, trang Tab chứa 3 hộp nhóm là *Stiffness*, *Strength* và *Alternatives*.

Mohr-Coulomb - Sand

General Parameters | Interfaces

Stiffness

E_{ref} : 1.300E+04 kN/m²

ν (nu): 0.300

Strength

C_{ref} : 1.000 kN/m²

ϕ (phi): 31.000 °

ψ (psi): 0.000 °

Alternatives

G_{ref} : 5000.000 kN/m²

E_{oed} : 1.750E+04 kN/m²

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Hình 2.5: Quản lý trang và trang TAB

2.1.3. Mô hình hoá bài toán trong Plaxis

Việc quan trọng đầu tiên trong việc phân tích một công trình là việc khai báo mô hình hình học. Một mô hình 2 chiều sẽ đại diện cho kết cấu thực ở dạng không gian 3

chiều và bao gồm các điểm, đường và miền. Một mô hình hình học nên bao gồm một phần đại diện cho tầng đất quan trọng nhất, các cấu kiện kết cấu, các giai đoạn xây dựng và tải trọng. Mô hình phải đủ lớn để đường ranh giới không ảnh hưởng đến kết quả của bài toán. Ba thành phần của mô hình hình học được miêu tả chi tiết như sau:

- *Điểm:*

Điểm bắt đầu và kết thúc một đường thẳng, điểm cũng được sử dụng cho việc xác định vị trí điểm neo, lực tập trung, những điểm cố định và những điểm chia của lưới.

- *Đường thẳng:*

Đường được sử dụng để xác định phạm vi hình học, phạm vi mô hình và những đường đứt nét trong các hình như các bức tường hay bản, gianh giới giữa các lớp đất. Một đường thẳng có thể có một hay nhiều chức năng hoặc tính chất.

- *Miền:*

Miền là những diện tích được đóng kín bởi các đường thẳng. Phần mềm Plaxis tự động nhận dạng các miền dựa trên những đường thẳng được khai báo đầu vào. Trong các miền xác định thì tính chất của đất là đồng nhất. Do đó các miền được quan tâm như là những vùng của các lớp đất. Mọi tác động ảnh hưởng đến miền sẽ ảnh hưởng đến toàn bộ các phần tử thuộc miền.

Sau khi tạo ra mô hình hình học, các mô hình phần tử sẽ được tự động tạo ra dựa trên kết cấu của các miền và các đường ở trong mô hình hình học. Trong một mạng lưới phần tử giới hạn, chương trình sẽ nhận dạng 3 loại bộ phận cấu thành được miêu tả như sau đây:

- *Phần tử:*

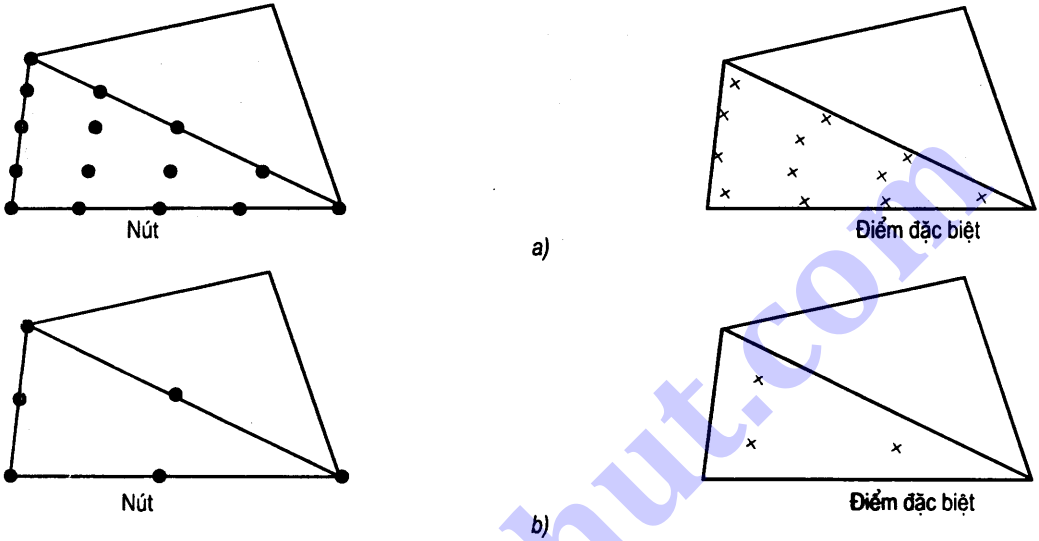
Trong các hệ mạng lưới, các miền được chia làm các phần tử tam giác. Chúng ta có thể lựa chọn dạng phần tử 15 nút và 6 nút. Với cùng một dạng phần tử, việc tính với các phần tử 15 nút sẽ được kết quả chính xác hơn và linh động hơn nhưng lại mất nhiều thời gian hơn cho việc tính toán hơn so với việc chọn phần tử 6 nút. Người dùng có thể sử dụng đồng thời các dạng phần tử tam giác (thường được sử dụng), phần tử bán tương ứng, phần tử vãi địa kỹ thuật, và phần tử mặt phân cách vào trong mô hình kết cấu và sự tương tác của kết cấu đất.

- *Nút:*

Một phần tử 15 nút (6 nút) sẽ bao gồm 15 nút (6 nút). Các nút được phân bố trên các phần tử như trên hình 2.6. Những phần tử cạnh nhau có mối quan hệ thông qua các nhóm các nút. Trong việc tính toán phần tử hữu hạn, các chuyển vị (u_x và u_y) được tính toán tại các nút. Nút có thể được lựa chọn trước để đưa ra đường cong lực - chuyển vị.

• *Điểm ứng suất:*

Trái ngược với chuyên vị, ứng suất và sức căng thường được tính toán thông qua các điểm tích phân Gause độc lập (hoặc các điểm ứng suất) hơn là qua các nút. Các phần tử tam giác 15 nút chứa 12 điểm ứng suất, các phần tử 6 nút chứa 3 điểm ứng suất được thể hiện trên hình 2.6a và 2.6b. Các điểm ứng suất có thể được lựa chọn trước cho các đường ứng suất hay biểu đồ ứng suất - lực căng.



Hình 2.6: Các nút và các điểm đặc biệt

2.1.4. Môđun đầu vào trong Plaxis

a) Những điểm và những đường

Người dùng có thể tạo ra những điểm và những đường trong vùng vẽ bởi việc kích với con trỏ chuột (nhập vào bảng hình) hoặc bởi việc gõ những tọa độ ở tại dòng lệnh (nhập vào bảng bàn phím). Ngay khi nút trái chuột được kích trong vùng vẽ một điểm mới được tạo ra, miễn là không có điểm hiện hữu gần vị trí con trỏ. Nếu có một điểm hiện hữu gần con trỏ, con trỏ bắt vào điểm hiện hữu mà không phát sinh một điểm mới. Sau khi điểm đầu tiên được lựa chọn, người dùng có thể vẽ một đường bởi việc nhập vào điểm khác,.... Hình vẽ những điểm và những đường tiếp tục cho đến khi nút phải của chuột được kích tại bất kỳ vị trí nào, hoặc ấn phím <Esc>.

Nếu một điểm được tạo ra trên hoặc gần một đường hiện hữu, con trỏ bắt lên trên đường đó và tạo ra một điểm mới chính xác trên đường đó. Kết quả là đường đó được chia ra thành hai đường mới. Nếu một đường cắt qua một đường hiện hữu, một điểm mới được tạo ra ở tại điểm giao nhau của hai đường. Kết quả là cả hai đường được chia ra thành hai đường mới. Nếu một đường được vẽ mà một phần trùng với một đường hiện hữu, chương trình làm cho chắc chắn trong phạm vi hai đường trùng nhau chỉ có

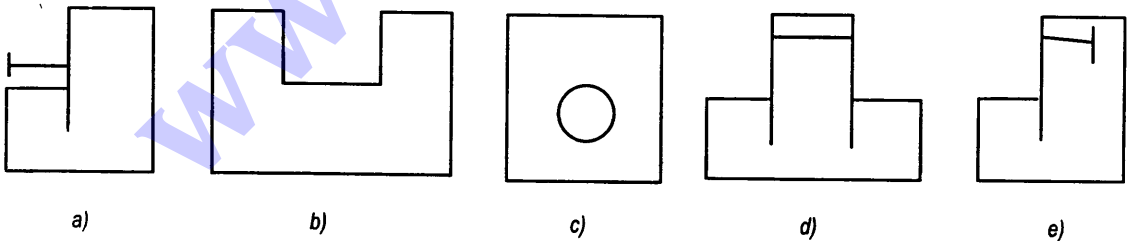
duy nhất một đường. Tất cả các thủ tục này bảo đảm rằng một hình học chắc chắn được tạo ra mà không có những điểm đôi hoặc những đường trùng nhau.

Những điểm hoặc những đường hiện hữu có thể được sửa đổi hoặc loại trừ bởi trước hết chọn công cụ <Selection> từ thanh công cụ. Để di chuyển một điểm hoặc đường, chọn điểm hoặc đường trong hình dạng và kéo tới vị trí mong muốn. Để loại trừ một điểm hoặc đường, chọn điểm hoặc đường trong hình dạng và nhấn phím trên bàn phím. Nếu hơn một đối tượng hiện diện ở vị trí được lựa chọn, một hộp thoại Delete xuất hiện từ đó đối tượng có thể được lựa chọn để xóa. Nếu một điểm tại nơi chỉ hai đường đến cùng nhau bị xóa, thì hai đường được kết hợp tạo một đường thẳng ngang qua điểm đó. Nếu hơn hai đường đến tại điểm sẽ được xóa, thì tất cả các hàng được nối với điểm này sẽ được xóa.

Sau mỗi kích động bản vẽ chương trình xác định những Cluster có thể được hình thành. Một Cluster là một vòng kín của những đường hình học khác nhau. Nói cách khác, một Cluster là một vùng hoàn toàn bao bởi những đường hình dạng. Những Cluster được phát hiện ra thì thay đổi độ sáng. Mỗi Cluster có thể được đưa cho những thuộc tính vật liệu nhất định để mô phỏng cách ứng xử của đất trong bộ phận của hình học. Những Cluster được chia trong những phần tử đất trong thời gian phát sinh mắt lưới.

b) Dầm (tường và bản)

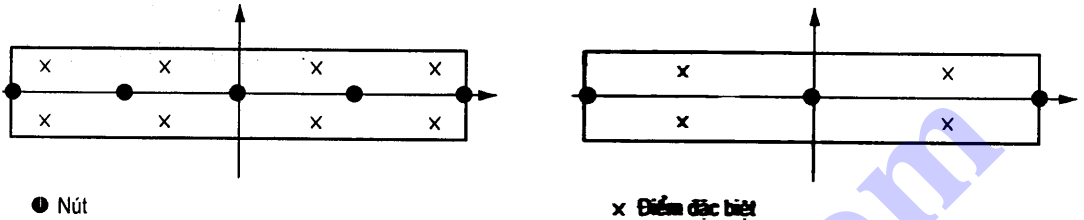
Dầm là những đối tượng cấu trúc đã sử dụng để mô hình những cấu trúc mảnh trong nền với độ cứng khi uốn là quan trọng (độ cứng khi uốn) và độ cứng bình thường. Mặc dầu những phần tử dầm là những cấu trúc một chiều thật sự, những phần tử dầm trong Plaxis đại diện cho những bản, tấm trong hướng ngoài mặt phẳng và có thể bởi vậy sử dụng để mô hình những tường và những bản. Những ví dụ những cấu trúc Geotechnical bao gồm những dầm được giới thiệu trong hình dưới.



Hình 2.7: Những ứng dụng trong đó những phần tử dầm và phần tử neo được sử dụng

Những dầm có thể được lựa chọn từ thực đơn Geometry hoặc bởi việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ. Sự tạo thành của những dầm trong mô hình hình học tương tự như sự tạo thành của những đường hình dạng. Khi tạo ra dầm, những đường hình dạng tương ứng được tạo ra đồng thời.

Những phần tử dầm với ba bậc tự do của nút: Hai chuyển vị tự do (u_x và u_y) và một chuyển vị xoay tự do (quay trong mặt phẳng $x-y$). Khi phần tử dầm 6 nút được dùng thì mỗi phần tử dầm được định nghĩa bởi 3 nút trong khi mà những phần tử dầm 5 nút là những phần tử được sử dụng cùng với phần tử dầm 15 nút. Những phần tử dầm dựa vào lý thuyết dầm của Mindlin. Lý thuyết này chú ý đến độ võng vì cắt cũng như uốn. Ngoài ra, phần tử có thể thay đổi chiều dài khi một lực dọc trục tác dụng. Những phần tử dầm có thể trở nên dẻo nếu một mômen uốn cực đại hoặc lực hướng trục cực đại đạt đến.



Hình 2.8: Vị trí của những nút và ứng suất điểm trong phần tử dầm 3 nút và 5 nút

Những thuộc tính vật liệu của những dầm được chứa đựng trong những tập dữ liệu vật liệu. Những tham số quan trọng nhất là độ cứng khi uốn EI và độ cứng dọc trục EA . Từ hai tham số này một bề dày dầm tương đương d_{eq} được tính toán từ phương trình:

$$d_{eq} = \sqrt{12 \frac{EI}{EA}}$$

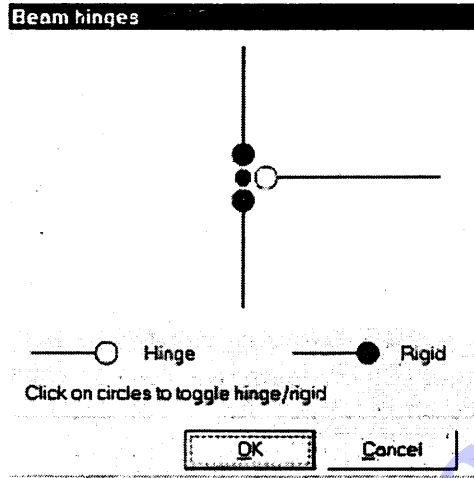
Những mômen uốn và những lực dọc trục được ước lượng từ những ứng suất ở tại những điểm ứng suất. Một phần tử dầm 3 nút có hai cặp điểm ứng suất trong khi phần tử dầm 5 nút có bốn cặp điểm ứng suất. Bên trong mỗi cặp, những điểm ứng suất được định vị ở khoảng cách $d_{eq}/3$ ở trên và ở dưới đường giữa dầm. Hình trên cho thấy rằng một phần tử dầm 3 nút và 5 nút đơn với vị trí của những nút và những điểm ứng suất.

c) Dầm có liên kết khớp

Một dầm có liên kết khớp là một kết nối dầm mà kể đến góc xoay không liên tục của điểm kết nối. Theo mặc định, trong một điểm hình học nơi những dầm kết nối nhau, góc xoay thì liên tục và điểm chứa chỉ chứa một độ xoay tự do. Nói cách khác, kết nối dầm mặc định thì cứng nhắc (được giữ chặt). Nếu muốn tạo ra một kết nối khớp (một điểm nơi đầu những dầm có thể quay tự do), tùy chọn <Beam hinge> có thể được chọn từ thực đơn Geometry hoặc bởi việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ.

Khi tùy chọn này được chọn và một điểm hình học hiện hữu nối hai (hoặc nhiều hơn) dầm được kích, cửa sổ những dầm có liên kết khớp xuất hiện hiển thị một hình chi tiết của mối nối tất cả dầm được nối. Cho mỗi kết thúc dầm riêng lẻ nó có thể chỉ báo rằng kết nối là một khớp hoặc một ngàm. Một khớp được chỉ báo bởi một vòng tròn mở trong khi một liên kết ngàm được chỉ báo bởi một vòng tròn đặc. Bằng cách kích vào

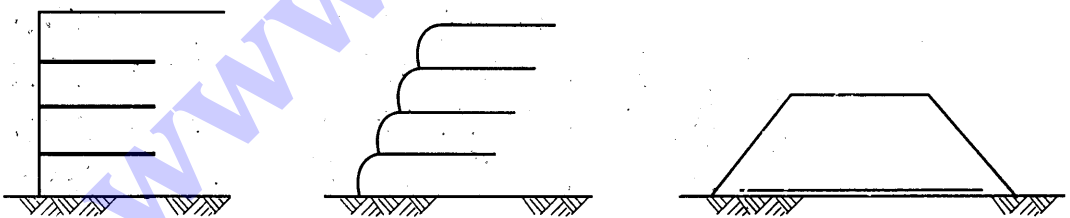
một trong những vòng tròn kết nối dầm tương ứng thay đổi từ một liên kết ngàm thành một khớp hoặc ngược lại. Cho mỗi khớp, một độ tự do xoay được đưa vào cho phép một sự quay độc lập.



Hình 2.9: Ví dụ của một cửa sổ liên kết của những dầm có liên kết khớp

d) Vải địa kỹ thuật

Vải địa kỹ thuật là những vật thể mảnh với độ cứng bình thường nhưng không có độ cứng uốn. Vải địa kỹ thuật chỉ có thể chống đỡ lực căng và không nén. Những đối tượng này phần lớn được dùng để mô hình hoá sự gia tăng cường độ của đất chẳng hạn như Geogrids hoặc vải dệt. Phương pháp phân tử hữu hạn đã được áp dụng mở rộng để nghiên cứu sự thực hiện của kiểu cấu trúc này. Về mô tả của nghiên cứu trước đây trong lĩnh vực này xem lại Refs. 5, 7 và 10.



Hình 2.10: Những ứng dụng trong đó vải địa kỹ thuật được sử dụng

Vải địa kỹ thuật có thể được lựa chọn từ thực đơn Geometry hoặc bởi việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ. Sự tạo thành vải địa kỹ thuật trong mô hình hình học tương tự như sự tạo thành đường hình dạng. Tương ứng những đường hình dạng được tạo ra đồng thời khi tạo ra vải địa kỹ thuật. Đặc trưng vật liệu của vải địa kỹ thuật là độ cứng bình thường đàn hồi (theo trục) EA, mà có thể được xác định trong cơ sở thông số vật liệu.

- *Những phần tử vải địa kỹ thuật*

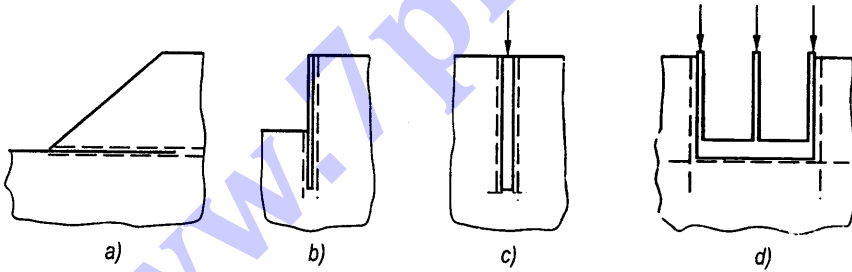
Vải địa kỹ thuật bao gồm các phần tử Geotextile. Khi những phần tử đất 6 điểm đã được dùng, mỗi phần tử Geotextile được định nghĩa bởi 3 điểm, ở đó những phần tử Geotextile 5 điểm được sử dụng trong sự kết hợp với phần tử đất 15 điểm. Lực hướng trục được ước lượng tại các tâm chịu lực Newton - Cotes. Kiểu điểm trọng tâm này cũng được sử dụng cho những phần tử mặt phẳng. Sự định vị của những điểm trọng tâm này tương ứng tới sự định vị của nút.

- *Mô hình hóa đất neo*

Vải địa kỹ thuật có thể cũng được sử dụng trong sự kết hợp với neo từ nút tới nút để đóng vai trò lực neo nền. Trong trường hợp này vải địa kỹ thuật được sử dụng để mô hình hoá phần vữa lỏng trám kẽ hở ở tường và neo từ nút tới nút được sử dụng để mô hình hoá thành neo.

e) Mặt cắt tiếp xúc

Mặt cắt tiếp xúc được sử dụng để mô hình hoá sự tương tác giữa kết cấu và đất. Ví dụ những cấu trúc Geotechnical kéo theo những mặt cắt được giới thiệu trong hình sau. Những mặt cắt có thể được lựa chọn từ thực đơn hình học hoặc bởi việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ.



Hình 2.11: Những ví dụ trong đó những mặt cắt tiếp xúc được sử dụng

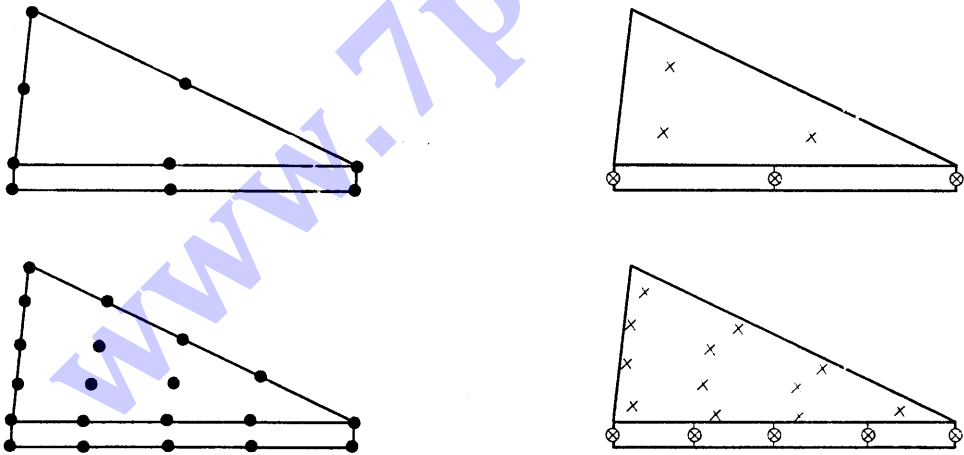
Sự tạo thành một mặt cắt tương tự như sự tạo thành một đường hình học. Mặt cắt xuất hiện khi một đường gạch ở cạnh bên phải của đường hình dạng (xem xét hướng vẽ) để chỉ báo ở đó theo cạnh hình học được kẻ sự tương tác với đất xây ra. Cạnh mà mặt cắt sẽ xuất hiện cũng được chỉ báo bởi mũi tên trên con trỏ trong hướng vẽ. Để đặt một mặt cắt ở bên kia nó cần phải được vẽ ra theo hướng đối diện. Thật ra, những mặt cắt có thể được đặt ở cả hai bên của một đường hình học. Việc làm này cho phép một sự tương tác đầy đủ giữa những đối tượng đường cấu trúc (những tường, những sơ đồ của vải địa kỹ thuật,...) và đất lân cận. Để phân biệt giữa hai mặt cắt có thể dọc theo một đường hình học, những mặt cắt được chỉ báo bởi một dấu cộng (+) hoặc một số trừ (-).

Một ứng dụng tiêu biểu của mặt cắt sẽ mô hình hoá sự tương tác giữa tường cừ van và đất, mà trung gian giữa mịn và thô hoàn toàn. Trong ứng dụng này mặt cắt được đặt tại cả hai cạnh của tường. Độ thô của sự tương tác được mô hình hoá bởi việc chọn một giá trị thích hợp như hệ số tương tác trong mặt cắt. Nhân tố này liên hệ lực ở mặt cắt (ma sát và lực gắn vào tường) với lực đất (góc ma sát và sự dính kết). Các vấn đề chi tiết trên mô tả về những thuộc tính mặt cắt.

• *Những phần tử mặt cắt*

Mặt cắt là sự bao gồm những phần tử mặt cắt. Hình 2.12 thể hiện ra những phần tử mặt cắt được nối tới những phần tử đất. Khi sử dụng phần tử đất 6 nút, những phần tử mặt cắt tương ứng được định nghĩa bởi ba cặp nút, còn khi cho những phần tử đất 15 nút những phần tử mặt cắt tương ứng được định nghĩa bởi 5 cặp nút. Trong hình những phần tử mặt cắt được chỉ ra để có một bề dày hữu hạn, nhưng trong sự trình bày rõ ràng phần tử hữu hạn những tọa độ của mỗi cặp nút là đồng nhất, mà có nghĩa rằng phần tử có một bề dày zêrô.

Mỗi mặt cắt gán cho nó một "Bề dày thực tế" mà là một kích thước ảo đã thu được những thuộc tính vật chất của mặt cắt. Bề dày thực tế được định nghĩa như bề dày thực tế trung bình. Giá trị ngầm định của hệ số bề dày thực tế là 0.1. Giá trị này có thể được thay đổi bởi việc nhấn đúp trên đường hình học và lựa chọn mặt cắt từ hộp thoại chọn lọc. Tuy nhiên, cần thận trọng khi thay đổi hệ số mặc định. Chi tiết về ý nghĩa bề dày thực tế đã nói ở trên.

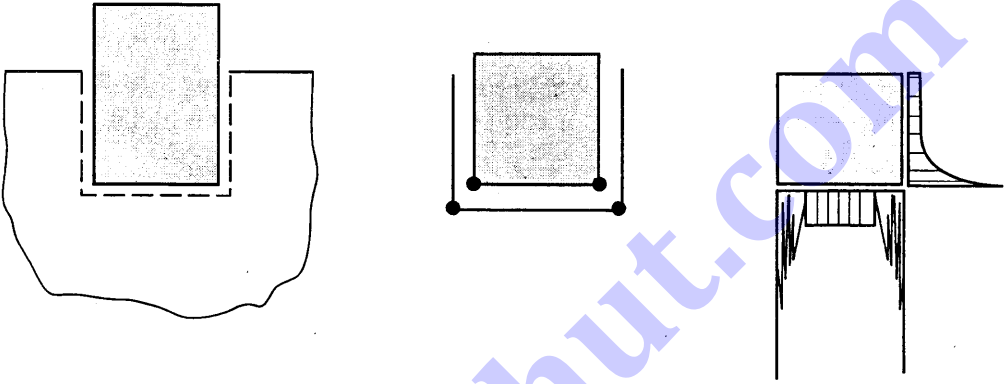


Hình 2.12: Phân phối nút và trọng tâm trong những phần tử mặt cắt

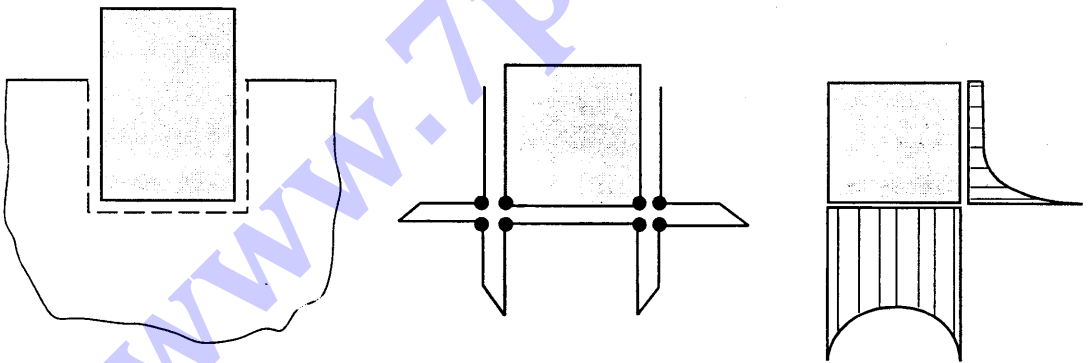
• *Phần tử đất*

Ma trận độ cứng cho những phần tử mặt cắt thu được nhờ sử dụng Newton - Cotes. Vị trí của những điểm tập trung này (hoặc trọng tâm) trùng với vị trí của những cặp nút. Từ đây, cho những phần tử mặt cắt 6 nút một điểm tập trung 3 nút Newton - Cotes được sử dụng, khi những phần tử mặt cắt 10 nút sử dụng điểm tập trung 5 nút.

Hình 2.13 cho thấy những vấn đề đó của đất - sự tương tác cấu trúc có thể kéo theo những điểm mà yêu cầu sự chú ý đặc biệt. Những góc trong những cấu trúc ngầm và một sự thay đổi đột ngột trong điều kiện biên có thể dẫn tới những sức căng tới hạn, sinh ra những sự dao động trọng tâm không lý tưởng. Vấn đề này có thể được giải quyết bởi việc làm cho sự sử dụng của mặt cắt là những phần tử như hình được đưa vào hình 2.13. Hình này chỉ ra rằng vấn đề của sự dao động trọng tâm có thể được ngăn ngừa bởi việc vào những phần tử mặt cắt bổ sung bên trong vùng đất. Những phần tử này sẽ tăng cường tính linh hoạt của mặt lưới phần tử hữu hạn và sẽ ngăn ngừa những kết quả trọng tâm không lý tưởng.



Hình 2.13a: Một điểm góc không linh hoạt, gây ra kết quả chịu lực kém



Hình 2.13b: Điểm góc linh hoạt với những kết quả trọng tâm được cải thiện

f) Phần tử neo

Phần tử neo là các gói tựa để liên kết 2 điểm với nhau. Kiểu neo này được lựa chọn từ thực đơn Geometry hay kích vào nút tương ứng trên thanh công cụ. Các ứng dụng điển hình bao gồm các kiểu tường neo. Phần tử neo phải luôn luôn được liên kết với các đường hình học hiện hữu nhưng các điểm hình học thì không cần thiết. Việc tạo ra các phần tử neo cũng giống như việc tạo ra các đường hình học nhưng trái với các loại kết cấu khác, đường hình học không được tạo ra đồng thời với điểm neo. Do đó phần tử neo

sẽ không chia nhỏ hay tạo mới. Phần tử neo là hai phần tử gói đàn hồi với một phần tử ngầm cứng. Phần tử này dùng để chịu lực kéo (neo) cũng như lực nén (thanh giằng). Các tính chất được đưa vào dữ kiện vật liệu. Phần tử neo được gây ứng suất trước trong quá trình tính toán đàn hồi bằng cách dùng *Staged construction* như *Loading input*.

- *Mô hình hóa các neo trong đất*

Để có thể mô hình hóa một neo đất (neo vữa) bằng cách kết hợp một phần tử neo và một vài địa kỹ thuật. Phần tử neo tượng trưng cho thanh neo và vài địa tượng trưng cho phần vữa. Trong trường hợp này được khuyến cáo mạnh mẽ là tránh sử dụng các giao diện xung quanh vài địa bởi vì mặc dù các cung trượt tiềm ẩn được tạo ra trong các phần tử hữu hạn, mà có tính phi hiện thực cao. Do đó, phần vữa được xem như bao cứng lấy đất. Có thể mô phỏng trạng thái ứng suất của neo đất. Tuy nhiên không thể mô phỏng các ảnh hưởng của ứng suất vữa lên trên bề mặt đất. Cần lưu ý là vài địa do các tấm liên tục hình thành nên trong hướng ngoài mặt phẳng, trong khi thực tế phần vữa kết cấu ba chiều.

- g) Phần tử neo một đầu*

Phần tử neo một đầu là các gói dùng để làm mẫu cho các điểm đơn. Đây là kiểu neo có thể chọn từ thực đơn Geometry hay kích vào các nút tương ứng trên thanh công cụ. Một ví dụ của việc dùng neo một đầu là mô hình hóa các thanh giằng thành các tấm tường cọc. Phần tử neo một đầu phải luôn được liên kết bằng các đường hình học hiện hữu nhưng không cần thiết các điểm hiện hữu. Một phần tử neo một đầu được hình dung như là chữ T xoay đầu. Chiều dài của khung chữ T không mang ý nghĩa đặc biệt. Mặc định, một phần tử neo một đầu được đặt ở vị trí 0° (theo phương X). Bằng cách nhấn đúp vào giữa chữ T cửa sổ thuộc tính neo sẽ xuất hiện trong góc độ có thể thay đổi. Góc nhập vào được xác định theo chiều kim đồng hồ, bắt đầu từ trục X. Ngoài góc, độ dài tương đương của neo có thể được đưa vào từ cửa sổ những thuộc tính. Độ dài tương đương được định nghĩa như khoảng cách giữa điểm kết nối neo và điểm giá trong hướng dọc của mỏ neo, nơi sự chuyển vị được giả thiết để là 0.

Một phần tử neo cố định là một phần tử lò xo đàn hồi với một chiều dài. Kết thúc của lò xo (được định nghĩa bởi độ dài tương đương và phương hướng) được cố định. Những thuộc tính có thể được nhập vào trong cơ sở dữ liệu vật liệu. Những phần tử neo cố định có thể được ứng suất trước trong quá trình tính toán đèo sử dụng *Staged construction* như *Loading input*.

- h) Các chuyển vị cưỡng bức*

Chuyển vị cưỡng bức là điều kiện đặc biệt mà có thể tác động đến các phần tử kết cấu nhằm để điều chỉnh sự chuyển vị của các phần tử này. Chuyển vị cưỡng bức có thể

được lựa chọn trong thực đơn Loads hoặc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ. Số liệu nhập vào của chuyển vị cưỡng bức trong mô hình hình học tương tự như sự tạo thành của các phần tử kết cấu. Theo mặc định, những giá trị được nhập vào của chuyển vị cưỡng bức được chỉ định sao cho sự chuyển vị theo phương ngang là zêrô ($U_x = 0$) và sự chuyển vị là một đơn vị theo hướng ngược hướng thẳng đứng ($U_y = -1$). Chú ý rằng những giá trị này là những giá trị chỉ được nhập vào. Độ lớn của chuyển vị cưỡng bức trong quá trình tính toán là kết quả từ số liệu được nhập vào và hệ số tải trọng tương ứng. Chuyển vị cưỡng bức được điều chỉnh bằng các hệ số tải trọng M_{displ} và $\sum M_{displ}$. Trong quá trình tính toán, các lực tác dụng tương ứng với các chuyển vị cưỡng bức theo hướng X và Y được tính toán và dự trữ những thông số đầu ra.

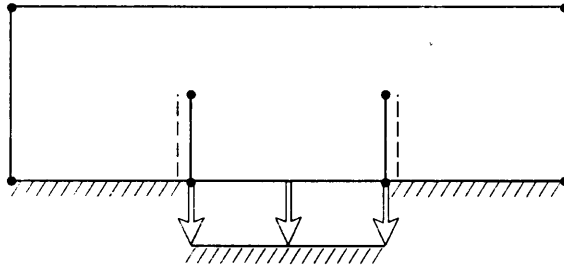
Những giá trị được nhập vào của chuyển vị cưỡng bức có thể được thay đổi bằng cách nhấn đúp vào kết cấu tương ứng và lựa chọn chuyển vị cưỡng bức được chỉ định từ cửa sổ Dialog. Theo kết quả, một cửa sổ chuyển vị cưỡng bức xuất hiện để nhập giá trị chuyển vị cả hai điểm cuối của kết cấu có thể được thay đổi, sự phân phối lực luôn luôn tuyến tính dọc kết cấu. Giá trị được nhập vào phải trong phạm vi $[-9999, 9999]$. Trong trường hợp mà một trong những phương hướng chuyển vị được chỉ định theo phương hướng khác tự do, có thể sử dụng hộp kiểm tra trong nhóm những phương hướng tự do để chỉ báo phương hướng nào là tự do. Các nút theo phương đứng có thể được sử dụng để tác dụng một chuyển vị cưỡng bức một đơn vị theo phương vuông góc với kết cấu. Hướng chuyển vị cho các kết cấu bên trong về phía phải của kết cấu. Hướng chuyển vị các kết cấu tại biên mô hình thì hướng về bên trong mô hình.

Trên phần tử kết cấu nơi mà cả chuyển vị cưỡng bức và các loại lực kéo được gán vào, các chuyển vị cưỡng bức được xét trước các tải trọng kéo trong suốt quá trình tính toán, dù những chuyển vị cưỡng bức không hoạt động ($M_{displ} = 0$). Mặt khác, khi chuyển vị cưỡng bức được đưa vào trong kết cấu ngàm cố định, thì tính cố định được ép trước chuyển vị, có nghĩa là chuyển vị trên kết cấu là 0. Vì vậy, thật không hữu ích để áp dụng chuyển vị cưỡng bức cho loại kết cấu ngàm cố định.

i) Tính ngàm

Kết cấu ngàm thì chuyển vị cưỡng bức bằng zêrô. Những điều kiện này có thể đưa vào trong kết cấu cũng như cho các điểm. Kết cấu ngàm có thể được lựa chọn từ thực đơn Loads. Những khác biệt có thể có giữa ngàm theo phương ngang ($U_x = 0$) và ngàm theo phương đứng ($U_y = 0$). Ngoài ra, kết cấu ngàm có thể là ngàm toàn bộ, điều mà có một sự kết hợp cả hai phương ngàm ($U_x = U_y = 0$). Về một phương diện hình học nơi mà tính chất ngàm được sử dụng như một điều kiện, và được xét trước điều kiện về các loại lực khác trong quá trình tính toán.

Để đưa ra một sự chuyển tiếp rõ rệt trong các loại chuyển vị cưỡng bức khác nhau hoặc giữa chuyển vị cưỡng bức và ngàm. Điều đó cần thiết phải đưa nút vào vị trí trục giao với kết cấu. Kết quả là độ lớn giữa hai chuyển vị cưỡng bức khác nhau là 0. Nếu không có giao diện nào được sử dụng thì sự chuyển tiếp sẽ xuất hiện bên trong một trong những phần tử nối tới điểm chuyển tiếp. Từ đây, vị trí chuyển tiếp sẽ được xác định bởi kích thước của phần tử và nó thì không rõ rệt.



Hình 2.14: Mô hình khép kín sử dụng mặt cắt

k) Lực

• Lực phân bố

Lực là những tải trọng phân bố mà có thể đưa vào các kết cấu. Những giá trị được nhập vào của lực hiển thị dưới dạng diện tích lực. Hai hệ thống tải có độ lớn một sự kết hợp của lực phân bố và lực tại nút (A và B) mà có thể hoạt động độc lập. Lực cho hệ thống tải A hoặc B có thể được lựa chọn từ thực đơn con Loads hoặc bởi việc kích vào nút tương ứng trên thanh công cụ. Việc nhập lực vào trong mô hình tương tự như sự tạo thành các kết cấu hình học.

Những lực có thể gồm có một thành phần nằm ngang và một thành phần thẳng đứng. Mặc định, khi áp dụng những lực trên biên hình học, lực sẽ là một lực đơn vị thẳng góc với đường biên. Giá trị nhập vào của một lực có thể được thay đổi bởi việc nhấn đúp đường hình học tương ứng và việc lựa chọn hệ thống tải tương ứng từ hộp thoại chọn. Một cửa sổ lực được mở trong đó thành phần nằm ngang và thành phần thẳng đứng của lực có thể được cho ở cả hai điểm đầu của đường hình dạng. Sự sắp xếp luôn luôn tuyến tính dọc theo đường. Sự ứng dụng to lớn của những tải trọng trong những quá trình tính toán là kết quả của giá trị được nhập vào và số nhân tải tương ứng. Những tải trọng được kiểm soát bởi những số nhân tải MloadA và MloadB tương ứng.

Trên một đường hình dạng nơi cả những sự chuyển vị được chỉ định lẫn những tải trọng được ứng dụng, những sự chuyển vị được chỉ định có quyền ưu tiên hơn những tải trọng trong những quá trình tính toán, dù những chuyển vị được chỉ định không được kích hoạt ($M_{disp} = 0$). Từ đây, thật không hữu ích để áp dụng những lực trên cùng hàng với tổng những chuyển vị được chỉ định. Khi chỉ phương chuyển vị được chỉ định trong khi các phương thì tự do, có thể áp dụng những tải trọng trong phương tự do.

• *Lực điểm*

Lực điểm là những lực tập trung mà tác động lên một điểm hình dạng. Lực điểm thật sự là đường tải trong ngoài mặt phẳng hướng. Những giá trị được nhập vào của lực điểm là lực cho mỗi đơn vị chiều dài. Hai hệ thống tải sẵn sàng cho một sự kết hợp của những lực và lực điểm (A và B) cái mà có thể được kích hoạt độc lập. Lực điểm cho hệ thống tải A hoặc B có thể được lựa chọn từ thực đơn Loads hoặc bằng việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ.

Lực điểm có thể gồm có một thành phần nằm ngang và một thành phần thẳng đứng. Theo mặc định, khi việc áp dụng một lực điểm trên một điểm hình dạng, lực sẽ là một đơn vị theo hướng ngược hướng thẳng đứng. Giá trị nhập vào của một lực điểm có thể được thay đổi bởi việc nhấn đúp vào điểm hình dạng tương ứng và việc lựa chọn hệ thống tải tương ứng từ hộp thoại chọn lựa. Một cửa sổ lực điểm được mở trong đó thành phần nằm ngang và thành phần thẳng đứng của lực điểm có thể được cho. Sự ứng dụng to lớn của lực điểm trong suốt những quá trình tính toán là kết quả của giá trị được nhập vào và số nhân tải tương ứng. Lực điểm được kiểm soát cùng với lực kéo bởi những số nhân tải MloadA và MloadB tương ứng.

l) Khoá sự xoay

Khoá sự xoay được sử dụng để cố định độ xoay tự do của một dầm. Sau khi chọn tùy chọn Fixed rotation từ thực đơn Loads hoặc bằng việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ, điểm hình dạng cần phải được nhập vào (được kích) nơi cố định góc xoay sẽ được ứng dụng. Điều này chỉ có thể được thực hiện trên những phần tử dầm, nhưng không nhất thiết trên điểm hình dạng hiện hữu. Nếu một điểm trong khoảng giữa của một dầm được lựa chọn, một điểm hình dạng mới sẽ được đưa vào. Những khoá sự xoay hiện hữu có thể được loại trừ bởi việc lựa chọn sự quay cố định trong mô hình hình học và nhấn phím trên bàn phím.

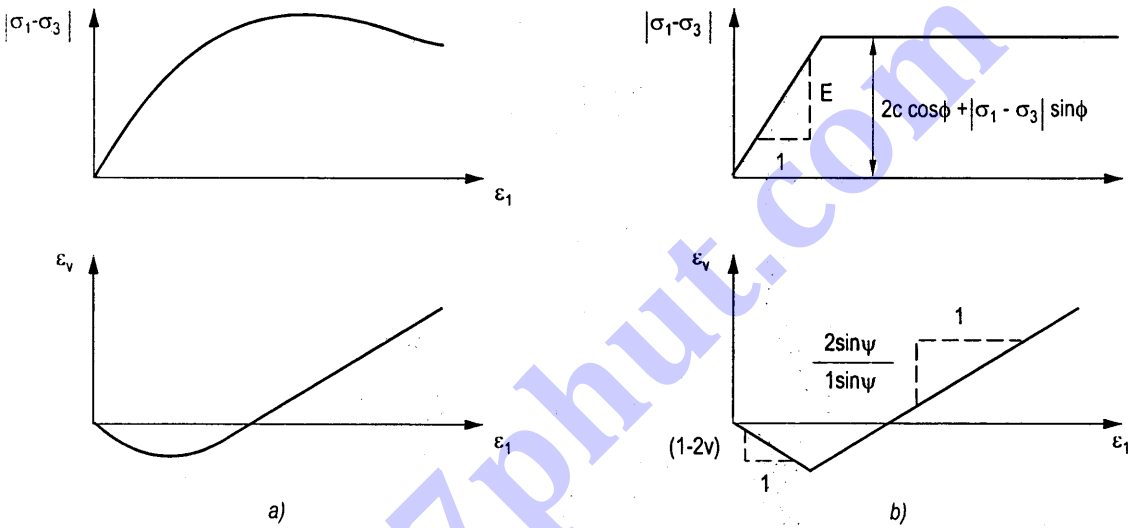
m) Đặc trưng vật liệu

Trong Plaxis, đặc trưng vật liệu của đất và của kết cấu được lưu trữ trong dữ liệu vật liệu. Có bốn loại dữ liệu vật liệu khác nhau được thiết lập: về đất và mặt phân giới, dầm, vải địa kỹ thuật và neo. Tất cả dữ liệu được lưu trữ trong dữ liệu vật liệu cơ sở. Từ dữ liệu cơ sở, dữ liệu được thiết lập phân chia tới những lớp đất hoặc những kết cấu tương ứng. Thiết lập cơ sở dữ liệu vật liệu.

• *Mô hình quan hệ của đất*

Đất và đá có quan hệ phi tuyến cao dưới tác dụng của tải trọng. Quan hệ phi tuyến giữa ứng suất và biến dạng được mô phỏng dưới nhiều cấp độ phức tạp. Hệ số mô hình gia tăng theo cấp độ phức tạp. Mô hình Mohr-Coulomb được xem là phương pháp xấp

xi quan hệ thực của đất. Mô hình tuyệt đối dẻo đòi hỏi năm thông số mô đun đàn hồi E, hệ số Poisson's, lực dính c, góc ma sát, góc giãn nở. Mỗi địa chất đều gồm năm thông số trên và ảnh hưởng tới mô hình của đất. Plaxis hỗ trợ một số mô hình tiên tiến. Mô hình và những thông số được đề cập trong sổ tay mô hình vật liệu. Thông số mô hình cơ bản trong mối quan hệ thực của đất. Để có thể hiểu được năm thông số mô hình cơ bản, loại đường cong ứng suất và biến dạng thu được từ thí nghiệm thoát nước dọc trục. Vật liệu nén đẳng hướng để xác định ứng suất. Sau giai đoạn này áp lực dọc trục gia tăng trong khi ứng suất không thay đổi. Trong giai đoạn hai tải trọng tạo ra đường cong như hình 2.15.



Hình 2.15: Biểu đồ quan hệ ứng suất và biến dạng

• **Thiết lập dữ liệu cho đất và lớp phân giới**

Đặc tính vật liệu và các hệ số của lớp đất được nhập vào trong dữ liệu vật liệu. Đặc tính vật liệu của lớp phân cách liên quan tới đặc tính của đất và dữ liệu lớp đất nhập vào. Số liệu của đất và lớp phân giới đại diện cho một số lớp đất có thể được phân chia tới những lớp trong mô hình toán học. Giá trị mặc định, những lớp phân giới sẽ có cùng một giá trị. Điều này được chỉ ra trong cửa sổ đặc tính vật liệu lớp phân giới.

Người sử dụng có thể định dạng tên bất kỳ cho dữ liệu nhập. Nên sử dụng một tên có ý nghĩa khi đó dữ liệu xuất hiện dưới dạng cây trong *Identification*. Một số dữ liệu được tạo ra để phân biệt sự khác nhau giữa các lớp đất. Đặc tính dữ liệu thiết lập gồm ba trang: General, Parameters và Interfaces. Trang General chứa loại mô hình đất, tên của đất. Đặc tính của đất là khối lượng và tính thấm. Trang Parameters chứa các thông số cường độ của mô hình đất. Trang Interfaces chứa các thông số liên quan tới mặt phân giới và đặc tính của lớp đất.

2.1.5. Mô đun tính toán trong Plaxis

a) Độ thô tổng thể (Global Coarseness)

Trong quá trình tạo lưới đòi hỏi hệ số tạo lưới đặc trưng cho kích thước trung bình của phần tử. Trong Plaxis hệ số này được tính toán từ kích thước hình học bên ngoài (x_{min} , x_{max} , y_{min} , y_{max}) và độ thô tổng thể được thiết lập như được xác định trong Mesh sub-menu.

Sự phân biệt này dựa trên năm cấp độ thô: rất thô, thô, trung bình, nhỏ và rất nhỏ. Giá trị mặc định được thiết lập cho độ thô. Kích thước trung bình của phần tử và số phần tử tạo ra phụ thuộc vào độ thô thiết lập. Mức độ thô được cho như sau:

- Rất thô: khoảng 50 phần tử ứng với độ thô $nc = 25$
- Thô: khoảng 100 phần tử ứng với độ thô $nc = 50$
- Trung bình: khoảng 250 phần tử ứng với độ thô $nc = 100$
- Nhỏ: khoảng 500 phần tử ứng với độ thô $nc = 200$
- Rất nhỏ: khoảng 1000 phần tử ứng với độ thô $nc = 400$

Độ chính xác của các phần tử phụ thuộc vào độ chính xác hình học và độ chính xác thiết lập cuối cùng. Số lượng phần tử không ảnh hưởng bởi loại thông số phần tử khi thiết lập. Chú ý khi tạo lưới gồm 15 nút phần tử cho độ mịn hơn và do đó cho kết quả chính xác hơn chia lưới 6 phần tử nút. Nói cách khác sử dụng 15 nút phần tử tốn nhiều thời gian hơn sử dụng 6 nút phần tử.

b) Sự tinh lọc tổng thể (Global refinement)

Một phần tử được chia lưới có thể được tinh lọc bằng cách chọn Refine global từ Mesh sub-menu. Khi lựa chọn hệ số độ thô tổng thể gia tăng lên một cấp (ví dụ từ thô tới trung bình) và lưới được phát sinh trực tiếp.

c) Độ thô cục bộ (Local coarseness)

Trong diện tích mà ứng suất tập trung hoặc biến dạng lớn đã được mong đợi sẽ chia nhiều lưới phần tử hơn, ở những vùng khác có thể không đòi hỏi chia lưới phần tử. Ở những trạng thái thường xảy ra khi mô hình hình học bao gồm cạnh, góc hoặc cấu trúc của công trình. Trong những trường hợp này Plaxis sử dụng hệ số độ thô địa phương để thêm vào hệ số độ thô tổng thể. Hệ số độ thô địa phương là hệ số kích thước địa phương của phần tử mà được chứa trong một điểm của mô hình. Hệ số này biểu thị mối liên quan kích thước của phần tử với kích thước trung bình, xác định bởi hệ số độ thô tổng thể. Hệ số kích thước của phần tử mặc định là 1,0 cho tất cả các điểm. Để có thể giảm được chiều dài của một phần tử thành một nửa kích thước trung bình của phần tử thì hệ số kích thước địa phương là 0,5.

Hệ số kích thước của phần tử có thể thay đổi bằng cách nhấp đúp vào điểm tương ứng. Khi nhấp đúp vào mô hình đường, một hệ số kích thước địa phương cho cả điểm và đường là đồng thời. Giá trị nằm trong khoảng 0,2 tới 5,0 là chấp nhận.

d) Tinh lọc cục bộ (Local refinement)

Để thay thế hệ số kích thước cục bộ của phần tử, sự tinh lọc cục bộ có thể được cho bởi việc chọn lựa lớp, đường hoặc điểm và chọn lựa tinh lọc cục bộ từ Mesh sub-menu.

Khi chọn lựa một hoặc nhiều lớp, Mesh sub-menu cho phép chọn lựa lớp. Tương tự khi chọn một hoặc nhiều đường Mesh sub-menu cung cấp đường chọn lựa. Khi chọn một hoặc nhiều điểm những điểm xung quanh sẽ có giá trị. Sử dụng chọn lựa lần đầu sẽ cho một hệ số kích thước cục bộ là 0,5 cho tất cả những điểm chọn lựa hoặc những điểm bao gồm trong lớp chọn hoặc đường.

Lập lại việc sử dụng tinh lọc cục bộ sẽ cho kết quả hệ số kích thước cục bộ mà hệ số hiện hành chỉ bằng một nửa. Tuy nhiên giá trị lớn nhất và nhỏ nhất giới hạn trong khoảng 0.2 tới 0.5. Sau khi chọn lựa một trong những tinh lọc cục bộ lưới sẽ trực tiếp phát sinh.

e) Những chỉ dẫn khi thực hiện tạo lưới (Advised mesh generation practice)

Để có thể thực hiện tính toán các phần tử hữu hạn được hiệu quả quá trình phân tích được thực hiện sử dụng lưới thô. Quá trình phân tích này có thể dùng để kiểm tra mô hình là đủ lớn hay không và xem những nơi ứng suất tập trung và độ võng lớn xảy ra. Những thông tin này dùng để tạo ra phần tử thích hợp.

Để tạo ra lưới phần tử chi tiết, việc chọn lựa ban đầu phải thích hợp độ thô tổng thể từ Mesh sub-menu. Ngoài ra khi tinh lọc cục bộ mong muốn được bắt đầu chọn lớp, chọn đường, và chọn điểm. Nếu muốn những điểm có thể cho trực tiếp hệ số kích thước phần tử cục bộ.

f) Điều kiện ban đầu (Initial conditions)

Một mô hình được tạo ra và phát sinh lưới phần tử, trạng thái ứng suất ban đầu và trạng thái ban đầu là danh nghĩa. Điều này được thực hiện trong điều kiện ban đầu một phần của chương trình nhập. Điều kiện ban đầu tồn tại hai mô hình khác nhau: mô hình một cho áp lực nước ban đầu, mô hình hai xác định hình dạng hình học ban đầu và phát sinh ảnh hưởng ứng suất ban đầu.

Sự hoạt động giữa hai mô hình được thực hiện bằng cách mở trên thanh công cụ. Điều kiện ban đầu cho phép trở lại mô hình nhưng điều này sẽ không thực hiện được khi một số thông tin ban đầu bị thiếu.

g) Điều kiện áp lực nước (Water conditions)

Plaxis phân tích sự ảnh hưởng ứng suất để phân biệt rõ ràng giữa áp lực lỗ rỗng chủ động p_{active} và ứng suất. Trong trường hợp phân biệt áp lực nước lỗ rỗng chủ động được thực hiện giữa trạng thái áp lực lỗ rỗng tĩnh p_{steady} , và áp lực nước lỗ rỗng tới hạn, p_{excess} :

$$p_{active} = p_{steady} + p_{excess}$$

Áp lực nước tới hạn là áp lực nước xảy ra do tải trọng của lớp mà những loại vật liệu này có quan hệ với vật liệu đã thiết lập đặc biệt khi không thoát nước. Trong tính toán đàn hồi, áp lực lỗ rỗng tới hạn chỉ có thể tạo ra trong lớp không thoát nước. Phân tích sự cố kết có thể dùng để tính toán sự phụ thuộc thời gian của áp lực lỗ rỗng tới hạn. Trong trường hợp tính toán này sự phát triển của áp lực lỗ rỗng tới hạn được xác định bởi hệ số thấm hơn là quan hệ loại vật liệu.

Áp lực lỗ rỗng trạng thái tĩnh (Steady-state) là áp lực lỗ rỗng mà đặc trưng cho trạng thái tĩnh thủy lực. Như trạng thái thu được khi điều kiện áp lực nước bên ngoài lớn hơn hoặc ít hơn áp lực không đổi dài hạn. Để nghiên cứu trạng thái tĩnh không cần thiết là áp lực lỗ rỗng, bản thân trạng thái tĩnh là cân bằng (như là đường nằm ngang) khi trạng thái mà áp lực nước ngầm xảy ra hiện tượng thấm cũng có thể dẫn đến thiết lập trạng thái này.

Áp lực nước lỗ rỗng tĩnh và áp lực nước bên ngoài có thể được phát sinh trong mô hình điều kiện áp lực nước. Áp lực nước có thể dễ dàng phát sinh dựa trên đường mực nước. Sự chọn lựa áp lực nước lỗ rỗng có thể phát sinh bằng cách tính toán áp lực nước ngầm. Yêu cầu sau cùng của giá trị nhập vào là điều kiện biên.

Điều kiện áp lực nước có thể điều khiển trong tiến trình (Skipped in projects) mà nó không bao gồm áp lực nước. Trong trường hợp này đường giếng nước được lấy bên trên của mô hình và tất cả áp lực nước lỗ rỗng và áp lực nước bên ngoài lấy bằng 0.

• Trọng lượng nước (Water weight)

Trong công trình gồm áp lực nước lỗ rỗng, trọng lượng nước nhập vào là cần thiết để phân biệt giữa ảnh hưởng ứng suất và áp lực nước lỗ rỗng. Trong thực hành khi mực nước ngầm hoặc phân tích sự cố kết được xem xét khi nhập vào khối lượng nước là quan trọng. Ngược lại sẽ xảy ra lỗi.

Khi đưa vào mô hình điều kiện về áp lực nước lần đầu, một cửa sổ xuất hiện để nhập vào khối lượng nước. Khối lượng nước cũng có thể nhập vào bằng cách chọn Water weight từ Geometry sub-menu. Mặc định khối lượng nước là 10,0 (kN/m³).

- Đường mực nước (Phreatic lines)

Áp lực nước lỗ rỗng và áp lực nước bên ngoài được tạo ra trên đường mực nước. Đường mặt nước đại diện cho những điểm mà ở đó áp lực nước bằng 0. Sử dụng đường giếng nước, áp lực gia tăng tuyến tính theo chiều sâu của nước. Trước khi sử dụng đường mặt nước người sử dụng phải nhập vào đúng trọng lượng của nước. Sự chọn lựa nhập vào đường mực nước có thể được chọn lựa từ Geometry sub-menu hoặc bằng cách nhấp vào nút tương ứng trên thanh công cụ. Đường mực nước nhập vào tương tự như việc tạo ra lưới hình học.

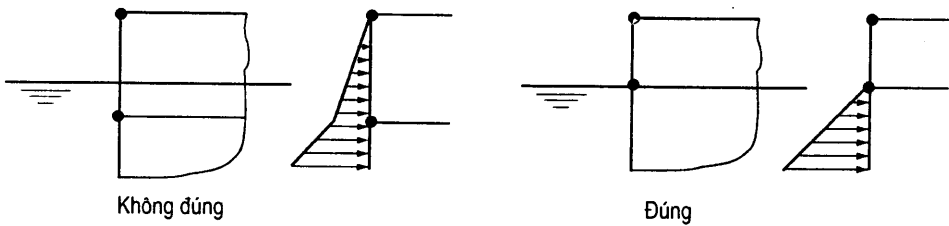
Đường mực nước được xác định bởi hai hoặc nhiều điểm. Điểm nhập vào không hạn chế. Điểm và đường được thêm vào trong mô hình nhưng sẽ không ảnh hưởng tới mô hình. Sự cắt ngang của đường mực nước và sự tồn tại lưới hình học không được đưa vào trong mô hình điểm.

Nếu đường mực nước không bao phủ toàn bộ mô hình, đường mực nước được xem là đường nằm ngang kéo dài từ điểm bên trái tới trục vô cùng và từ điểm bên phải tới trục vô cùng. Áp lực lỗ rỗng bằng không khi đường mực nước nằm trên, áp lực nước phân bố theo quy luật thủy tĩnh khi đường mực nước nằm dưới. Áp lực nước thực sự hình thành sau khi chọn lựa Generate water pressures.

- Đường mực nước chung (General phreatic line)

Nếu không lựa chọn lớp và vẽ đường mực nước thì đường mực nước này được xem là đường mực nước chung. Mặc định đường mực nước chung nằm dưới đáy mô hình, khi nhập vào đường mực nước mới sẽ thay thế đường mực nước chung cũ. Đường mực nước chung được dùng như mô hình phân bố áp lực thủy tĩnh cho toàn bộ mô hình. Mặc định giá trị đường mặt nước chung cho tất cả các lớp.

Nếu đường mực nước bên ngoài mô hình và tương ứng điều kiện biên là tự do, áp lực nước bên ngoài sẽ dựa trên đường này. Chương trình tính toán xem áp lực nước bên ngoài như là tải trọng và được tính cùng với trọng lượng của đất và áp lực lỗ rỗng bởi hệ số $\sum M_{weight}$. Áp lực nước bên ngoài được tính toán như là áp lực nước cân bằng và đạt được qua mô hình điều kiện biên. Tuy nhiên nếu thông qua đường mực nước điều kiện biên của mô hình không tồn tại mô hình điểm, áp lực nước bên ngoài không thể tính toán chính xác. Điều này do giá trị áp lực nước bên ngoài chỉ định nghĩa trong hai điểm cuối của đường lưới áp lực có thể theo những đường tuyến. Tuy nhiên để tính toán áp lực nước bên ngoài chính xác, đường mực nước chung chỉ qua điều kiện biên tồn tại ở mô hình điểm. Điều kiện biên này được hình thành khi tạo ra mô hình. Nếu cần thêm vào những điểm để tạo cho một đích này ở điều kiện biên.



Hình 2.16: Mẫu không đúng và đúng của áp lực bên ngoài

- Định nghĩa đường mực nước cho lớp (*User-defined phreatic line per cluster*)

Để cho phép áp lực nước phân phối không liên tục, mỗi lớp phải phân thành một đường mực nước. Đường mực nước có thể nhập vào trước tiên bằng cách chọn lớp có đường mực nước phân cách và rồi chọn Phreatic line từ thanh công cụ hoặc từ Geometry sub-menu và nhập vào đường mực nước trong khi lớp này vẫn còn chọn. Khi chọn nhiều lớp cùng lúc (bằng cách giữ Shift và phím mũi tên xuống) và nhập vào đường mực nước được định nghĩa, đường này được áp dụng cho tất cả các lớp đã chọn. Những lớp không có đường mực nước định nghĩa vẫn giữ đường mực nước chung. Để xác định đường mực nước theo lớp được chắc chắn có thể chọn lớp và đường mực nước chuyển sẽ chuyển thành màu đỏ. Nếu đường mực nước không chuyển thành màu đỏ thì phải chọn Interpolate để chọn cho lớp (xem phía dưới).

Sau khi nhấp hai lần trên lớp có áp lực nước một cửa sổ xuất hiện chỉ ra những thông số của lớp điều này có nghĩa là nút radio dùng để định nghĩa đường mực nước được hỗ trợ tới lớp hoặc đường mực nước chung. Nếu đường mực nước bị lỗi bởi phần hỗ trợ tới lớp, nó có thể lập lại đường mực nước chung bằng cách chọn lựa đường mực nước chung trong cửa sổ này. Khi có kết quả, đường mực nước định nghĩa sẽ bị xoá. Cửa sổ thể hiện ba chọn lựa được giải thích trong phần kế tiếp.

- Áp lực nước lỗ rỗng thêm vào từ lớp hoặc đường kế cận (*Interpolation of pore pressures from adjacent clusters or lines*)

Ngoài đường mực nước chung hoặc đường mực nước định nghĩa sự chọn lựa có thể được chọn cho lớp sau khi nhấp hai lần vào lớp đó, cũng có thể chọn từ Interpolate from adjacent clusters or lines. Ví dụ cho chọn lựa này dùng nếu lớp tương đối không thấm và nằm giữa hai lớp thấm được với sự khác nhau của mực nước ngầm. Áp lực nước lỗ rỗng phân phối trong lớp tương đối ít thấm sẽ không có áp lực thủy tĩnh, vì thế nó không thể xác định đường mực nước. Việc chọn lựa trong Interpolate from adjacent clusters or lines áp lực lỗ rỗng trong lớp đó được nội suy tuyến tính theo phương đứng, bắt đầu từ giá trị ở đáy của lớp phía trên và kết thúc giá trị ở đỉnh của lớp bên dưới. Việc nội suy có thể được dùng lặp lại trong hai hoặc nhiều lớp kế tiếp (ở phía trên của

mỗi lớp khác nhau). Trong trường hợp đó giá trị bắt đầu nội suy cho phương đứng của áp lực lỗ rỗng không tìm thấy, sau đó điểm bắt đầu sẽ dựa trên đường mực nước chung.

Ngoài giá trị trong những lớp phía trên hoặc phía dưới của lớp, ở đó áp lực được nội suy từ: Có thể trực tiếp từ đường mực nước ngầm ở những đường hình học cho mực đích nội suy. Điều này cũng có thể thực hiện bằng cách nhấp đúp vào đường lưới tương ứng. Kết quả, một cửa sổ mực nước ngầm xuất hiện thoả mãn mực nước ngầm ở hai điểm của đường có thể được đưa vào. Khi đưa vào áp lực nước ngầm ở một điểm chương trình sẽ hiển thị áp lực lỗ rỗng tương ứng (áp lực lỗ rỗng bằng trọng lượng nước \times chiều cao mực nước ngầm). Nếu cho những lớp liền kề thì nội suy từ những lớp kề nhau hoặc đường (Interpolate from adjacent clusters or lines) được chọn. Việc nội suy sẽ bắt đầu từ áp lực lỗ rỗng trên đường hơn từ giá trị áp lực lỗ rỗng giữa hai lớp kề nhau. Nói cách khác sự nội suy sẽ chiếm ưu thế cho kết quả cuối cùng nhập vào áp lực lỗ rỗng trong lưới hình học vượt qua áp lực lỗ rỗng giữa các lớp lân cận. Nhập vào áp lực lỗ rỗng trong những đường hình học có thể xóa bằng cách chọn đường tương ứng và nhấn phím trên bàn phím.

Chú ý rằng nội suy áp lực lỗ rỗng cho phương đứng không cho theo phương ngang. Do đó hướng nhập vào của đường nước ngầm theo phương đứng sẽ không có ảnh hưởng, cuối cùng khi áp lực lỗ rỗng dựa trên đường thực tế.

h) Điều kiện biên cho tính toán mực nước ngầm

Ngoài áp lực nước chung dựa trên đường áp lực nước thực tế, áp lực nước cũng có thể dựa trên tính toán áp lực nước ngầm. Điều này đòi hỏi nhập vào điều kiện biên của mực nước ngầm. Nguyên lý tồn tại hai loại điều kiện biên: Quy định mực nước ngầm và quy định về dòng chảy tới điều kiện biên (A prescribed groundwater head and a prescribed specific discharge normal to the boundary). Sau cùng chỉ có thể theo lý thuyết dòng chảy bằng 0 được xem là biên đóng.

• Quy định mực nước ngầm (Prescribed groundwater head)

Quy định nhập vào mực nước ngầm tương tự như những đường áp lực lỗ rỗng. Sau khi nhấp hai lần vào đường đã tồn tại, một cửa sổ xuất hiện mà mực nước ngầm ở hai điểm của đường có thể nhập vào.

Ở một điểm trên đường mực nước nhập vào, chương trình sẽ hiển thị áp lực lỗ rỗng tương ứng (áp lực = trọng lượng nước \times chiều cao cột nước). Bằng cách này có thể quy định áp lực nước bên trong và bên ngoài điều kiện biên.

Nếu mực nước ngầm được quy định ở bên ngoài biên, áp lực nước bên ngoài phát sinh cho biên đó. Chương trình tính toán phân phối áp lực nước bên ngoài như tải trọng kéo và chúng được lấy cùng với khối lượng nước và áp lực lỗ rỗng.

- Điều kiện biên đóng (Closed flow boundary)

Điều kiện biên đóng mục đích có thể đặt ở biên của mô hình để chắc rằng điều kiện biên từ bên này sang điều kiện biên bên kia không xảy ra. Sự chọn lựa này có thể được chọn bằng cách nhấp đúp vào nút điều kiện biên đóng (Closed flow boundary) trên thanh công cụ hoặc có thể chọn từ Geometry sub-menu. Điều kiện đóng nhập vào tương tự như tạo ra lưới hình học. Tuy nhiên điều kiện biên đóng được đặt chính xác trên đường hình học ở biên của mô hình.

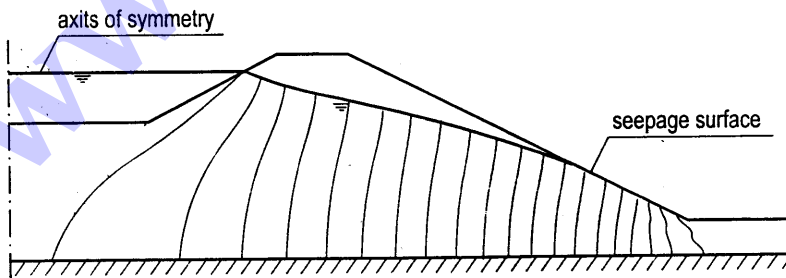
Khi đường biên được coi như là một biên đóng vẫn có khả năng quy định mực nước ngầm trên biên đóng. Mặc dù mực nước ngầm này không dùng tính toán bản thân, nó được dùng tính toán áp lực nước bên ngoài và được áp dụng trong bất kỳ sau biến dạng

- Quá trình thấm mặt (Seepage surfaces)

Những vấn đề từ đường tự do thực tế có thể gồm thấm bề mặt trên biên xuôi dòng. Quá trình thấm mặt sẽ luôn xảy ra khi đường thực tế chạm một biên mở. Mặt thấm không tạo thành dòng (tương phản với đường thực tế) hoặc đường đẳng thế. Nó là một đường mà mực nước ngầm bằng với cao trình y (bằng vị trí theo phương đứng). Điều kiện này gia tăng từ thực tế áp lực nước bằng 0 trên mặt thấm mà có cùng điều kiện tồn tại trên bề mặt thực.

Điều kiện biên cho nước phía trên chiều cao h cần cân bằng với vị trí đứng y được mặc định trong Plaxis. Không cần biết chính xác chiều dài của mặt thấm trước khi bắt đầu tính toán, khi có cùng điều kiện biên ($h = y$) có thể dùng cả hai ở trên và dưới đường thực tế. Nút mở với $h = y$ do đó có thể thỏa mãn cho tất cả điều kiện biên nơi đường nước trên không được biết.

Việc chọn lựa điều kiện biên trên đường nước ngầm ở đó rõ ràng đường mặt nước không xảy ra, nó cũng có thể xấp xỉ quy định điều kiện biên đóng.



Hình 2.17: Dòng chảy qua một đê với sự xuất hiện của một bề mặt thấm (Seepage surface)

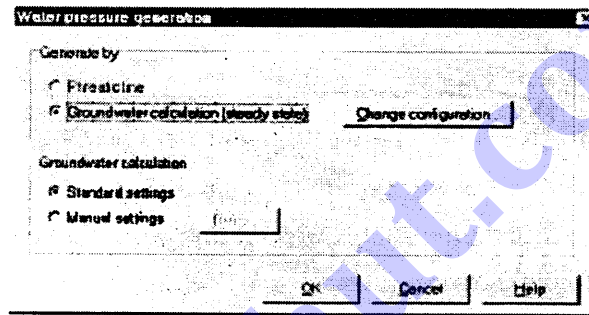
- Những lớp không hoạt động trong tính toán mực nước ngầm

Trên những lớp không hoạt động, mô hình hình dạng và thực hiện tính toán áp lực nước ngầm cho trạng thái đó, áp lực lỗ rỗng trong lớp không hoạt động và trên điều kiện

biên giữa lớp hoạt động và không hoạt bằng 0. Khi thực hiện tính toán mực nước ngầm cho trạng thái ban đầu (hoặc cho bất kỳ trạng thái khác), tất cả những lớp không hoạt động được xem hoàn toàn khô.

i) Áp lực nước (Water pressure generation)

Sau khi nhập vào đường nước ngầm hoặc nhập vào điều kiện biên cho tính toán lớp đất phía dưới, có thể phát sinh áp lực nước. Điều này cũng có thể thực hiện bằng cách nhấp đúp vào nút áp lực nước (Generate water pressures) trên thanh công cụ hoặc lựa chọn áp lực nước từ Generate sub-menu. Kết quả, xuất hiện cửa sổ chỉ ra áp lực nước được phát sinh dựa trên đường mực nước ngầm hoặc bằng cách tính toán lớp đất phía dưới.



Hình 2.18: Cửa sổ nhập áp lực nước

• Phát sinh đường nước ngầm (Generate by phreatic line)

Phát sinh đường nước ngầm dựa trên giá trị nhập vào của đường nước ngầm phát sinh, đường nước ngầm người sử dụng định nghĩa và những chọn lựa khác. Sự phát sinh này nhanh và dễ hiểu.

Khi phát sinh áp lực nước dựa trên đường mực nước ngầm khi một số lớp đất không hoạt động trong mô hình hình dạng, không có sự tương phản giữa lớp hoạt động và lớp không hoạt động. Điều này chắc chắn rằng áp lực lỗ rỗng phát sinh cho cả lớp hoạt động và không hoạt động. Nếu yêu cầu để loại áp lực nước trong một số lớp loại vật liệu trong loại vật liệu tương ứng được thiết lập không nên có dạng tổ ong.

• Tính toán mực nước ngầm (Generate by groundwater calculation)

Sự phát sinh bằng cách tính toán lớp đất bên dưới dựa trên tính toán phần tử hữu hạn, sử dụng khả năng thấm của lớp đất, phát sinh lưới và điều kiện biên khi đưa vào mô hình điều kiện nước. Sự phát sinh này kết hợp nhiều hơn sự phát sinh bởi mực nước ngầm nhưng rất ít chi phối.

Khi chọn lựa tính toán cho một số lớp đất phía dưới không hoạt động có thể mô tả cho lớp đất khô hoặc một phần không hoạt động của mô hình ở đó áp lực lỗ rỗng bằng 0.

Điều này có thể thực hiện bằng cách nhấp vào nút <Change configuration>. Kết quả, một cửa sổ hình dạng hình học xuất hiện trong lớp không hoạt động bằng cách nhấp chuột vào nó. Khi phát sinh áp lực nước dựa trên tính toán dòng nước ngầm lớp thiết lập ảnh hưởng đến lưu lượng và phân phối áp lực lỗ rỗng.

Áp lực lỗ rỗng trong những lớp không thấm bằng 0 và điều kiện biên giữa những lớp hoạt động và không hoạt động được xem là biên mở. Áp lực lỗ rỗng trong những lớp được thiết lập vật liệu không ở dạng xốp cũng được xem bằng 0. Điều kiện biên của những lớp không xốp (Non-porous) được mặc định là biên đóng.

Khi chọn lựa tính toán nước ngầm cần phải chọn lựa thiết lập các thông số điều khiển trình tự lập lại. Thông thường sử dụng tiêu chuẩn thiết lập.

- *Kết quả phát sinh của áp lực nước*

Sau khi phát sinh áp lực nước chương trình đầu hiển thị biểu đồ áp lực nước và phát sinh dòng nước ngầm. Để trở lại chương trình đầu vào nhấn vào nút <Update>.

Áp lực nước ngầm có thể dùng như dữ liệu nhập cho phân tích biến dạng. Áp lực nước không hoạt động tới khi thực sự áp dụng để tính toán. Sự hoạt hoá của áp lực nước được kết hợp với sự hoạt hoá của trọng lượng đất sử dụng hệ số tổng trọng lượng ($\sum Mweight$). Nguyên lý, ứng suất tại một điểm trong phần tử bằng 0 với áp lực lỗ rỗng ổn định được xem là khô, ngược lại ứng suất tại một điểm khác 0 áp lực lỗ rỗng được xem là ướt. Tuy nhiên giá trị áp lực lỗ rỗng xác định dung trọng đất ở trạng thái khô hoặc dung trọng ướt áp dụng trong tính toán.

k) Tính toán dòng nước ngầm

Địa chất công trình thông thường cần đề cập đến áp lực lỗ rỗng và dòng nước ngầm khi giải quyết vấn đề địa chất. Đáp ứng là chủ đề hệ số thấm của nước ngầm. Tương tự như hệ số thấm xảy ra xung quanh tường chắn với những hệ số ứng với mực nước ngầm khác nhau. Khả năng thấm của loại này bị chi phối bởi áp lực lỗ rỗng mà nó phụ thuộc vào thời gian. Tuy nhiên áp lực lỗ rỗng này xem như là áp lực tĩnh

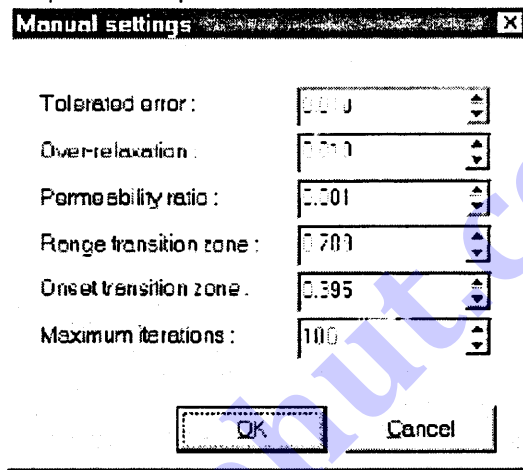
Sự phân phối tĩnh của áp lực lỗ rỗng trong tính toán dòng thấm được xác định bởi điều kiện biên, về mô hình khả năng thấm của các lớp đất khác nhau. Chi tiết được miêu tả trong hệ thống những phương trình những vấn đề dòng thấm, tham khảo được trình bày trong sổ tay kỹ thuật.

Tính toán dòng nước ngầm là vấn đề có thể dùng để hạn chế hoặc không hạn chế mực nước ngầm. Xác định vị trí của dòng nước ngầm tự do kết hợp với chiều dài của bề mặt thấm là một trong những thành phần chính giới hạn tính toán dòng nước ngầm. Trong trường hợp này cần thiết phải giải quyết theo quy trình lập. Tuy nhiên việc giải

quyết những vấn đề hạn chế quy trình lập là hoàn toàn không cần thiết, nếu trực tiếp đã giải được nghiệm. Tính toán dòng nước ngầm trong Plaxis người sử dụng phải chọn để thiết lập hệ số điều chỉnh quy trình lập, khi nó không rõ ràng. Trong quá trình giải người dùng có thể điều chỉnh những hệ số cho phù hợp.

- *Thiết lập hệ số điều chỉnh tính toán nước ngầm*

Khi chọn lựa thiết lập điều chỉnh trong cửa sổ phát sinh áp lực nước và nhấp vào nút < Define >, một cửa sổ mới mở ra mà hiện hành thiết lập hệ số tính toán nước ngầm được hiển thị như hình 2.19.



Hình 2.19: Cửa sổ Groundwater tính toán kiểm tra các thông số

- *Sai số*

Đây là một sai số tổng thể (tương đối) trong cân bằng khối lượng nước. Khi sử dụng thiết lập chuẩn. Sai số thiết lập là 0,05.

- *Hệ số giới hạn phục hồi (Over-relaxation)*

Đây là một hệ số trong quy trình lập. Khi sử dụng thiết lập chuẩn, hệ số giới hạn thiết lập là 1,2. Chú ý nên lấy hệ số phục hồi cao hơn. Lý thuyết trên điều kiện biên là 2,0.

- *Hệ số thấm*

Để có thể tính toán vị trí đường mực nước ngầm, hệ số thấm dùng để phân biệt giữa khả năng thấm trạng thái bão hoà và trạng thái đất khô. Trong trạng thái đất bão hoà hệ số thấm là một giá trị theo lý thuyết tương ứng với vật liệu thiết lập.

- *Vùng biến đổi trạng thái*

Plaxis không tính toán sự biến đổi đột ngột giữa trạng thái đất bão hoà và trạng thái đất khô. Một lý do số học là vùng biến đổi cho phép. Vùng biến đổi là chiều rộng của

vùng, được chỉ ra bởi hệ số β . Hầu hết giá trị β phụ thuộc vào lưới chia. Sử dụng thiết lập chuẩn giá trị β thích hợp được tự động tính toán theo công thức kinh nghiệm.

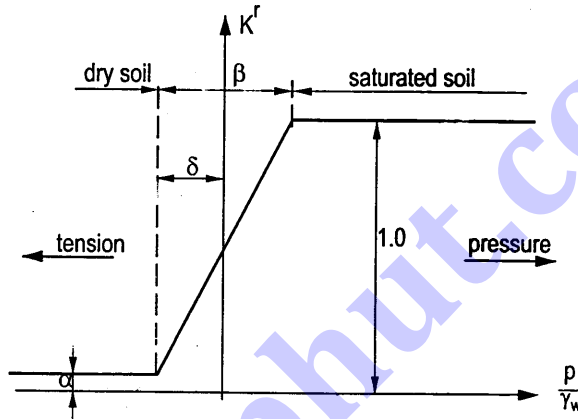
$$\beta = 3 / A \text{ 31 6-noded element}$$

$$\beta = 12 / A \text{ 31 15-noded element}$$

Ở đây A là diện tích phần tử lớn nhất.

• *Vùng bắt đầu biến đổi*

Giá trị chuẩn của vùng bắt đầu biến đổi được chỉ ra trong hình 2.20. Giá trị này thường nhỏ hơn tất cả những điểm ứng suất kéo với áp lực lỗ rỗng làm giảm hệ số thấm. Do đó những điểm này được giả thiết nằm bên trên mực nước ngầm.



Hình 2.20: Sự chuyển dịch của dòng thấm giữa vùng bão hoà (Saturated soil) và không bão hoà (dry soil)

Một số vấn đề theo trạng thái ổn định, những vùng đất hoàn bão hoà có thể có ứng suất kéo lỗ rỗng. Điều này có thể xảy ra ví dụ như gần những giếng bơm hút. Một số thiết lập chuẩn của quy trình tính toán mô hình dòng nước ngầm trong Plaxis không thể giải quyết vấn đề như ứng suất kéo trong áp lực lỗ rỗng được xem là những vùng không có dòng chảy.

Nếu mực nước ngầm ở trên thấp cho ứng suất kéo trong lỗ rỗng quy định ở những nút lưới, dựa trên những nút thiết lập chuẩn được giả thiết những vị trí mặt nước ngầm trên. Để cho phép những dòng thường xuyên trong vùng đất có ứng suất kéo lỗ rỗng, cần phải thiết lập hệ số thấm bằng 1,0.

• *Vòng lặp cực đại (Maximum iterations)*

Đưa những hệ số này vào để hạn chế số vòng lặp dùng trong tính toán dòng nước ngầm. Khi sử dụng thiết lập chuẩn số vòng lặp nhiều nhất là 100. Tuy nhiên trong trường hợp này số vòng lặp lớn nhất thu được từ bài giải. Chương trình cũng cho phép giá trị lên tới 999.

• Giới hạn (Limitations)

Mặc dù khái niệm đất bão hoà cục bộ được sử dụng trong quy trình giải lập cho mặt nước ngầm tự do, mô hình dòng nước ngầm trong Plaxis không thiết kế cho đất hoàn toàn bão hoà. Sự phân tích dòng trong đất hoàn toàn bão hoà đòi hỏi có mối quan hệ kết hợp giữa đất thấm, mức độ bão hoà, áp lực căng lỗ rỗng và điều này vượt ra ngoài phạm vi của chương trình hiện hành.

1) Điều kiện biên đóng

Mặc định điều kiện biên của tất cả mô hình là mở điều này có nghĩa rằng áp lực bằng 0 ở điều kiện biên. Nói cách khác nước không thể chảy tự do ra ngoài điều kiện biên.

Tuy nhiên một số biên điều kiện này không đúng, ví dụ điều kiện biên (đứng) mô tả đường đối xứng hoặc nếu biên đáy nằm trong lớp không thấm. Trong trường hợp này không có dòng chảy ngang qua điều kiện biên. Những trạng thái này có thể sử dụng điều kiện biên đóng trên thanh công cụ hoặc chọn lựa tương ứng từ Geometry sub-menu. Nhấp vào biên đóng cứng tương tự như tạo ra một dòng đóng. Trạng thái mà ở đó tính toán gia cố điều kiện biên đóng khác dòng biên đóng, do đó tạo ra sự khác biệt giữa hai loại biên đóng. Tuy nhiên thông thường khi tính toán và phân tích gia cố cả hai loại dòng nước ngầm được thực hiện trên công trình chắc chắn, điều kiện biên đóng có cùng ảnh hưởng. Không có khả năng vượt quá áp lực lỗ rỗng quy định khi phân tích gia cố điều kiện biên. Để có nhiều thông tin trong phân tích gia cố xem sổ tay khoa học kỹ thuật.

2.1.6. Môđun biểu diễn kết quả tính toán

a) Các bước xuất kết quả

Để xuất kết quả, có thể được chọn biểu tượng *Open file* trên thanh công cụ hoặc chọn lựa chọn *Open* từ trình đơn phụ *File*.

Khi người sử dụng chọn một bài toán cụ thể, chương trình sẽ hiển thị danh sách các giai đoạn tính toán tương ứng của bài toán đó. Khi bạn chọn một giai đoạn tính toán, các kết quả của bước tính toán cuối cùng của giai đoạn đó sẽ được trình bày.

Nếu bạn muốn chọn một bước tính toán trung gian, nhấn chuột một lần vào cột *Phase*. Danh sách các giai đoạn tính toán sẽ chuyển thành danh sách gồm tất cả các bước tính toán của các giai đoạn, bạn có thể chọn bước tính toán mà bạn muốn.

b) Chọn giai đoạn tính toán để xuất kết quả

Khi quá trình tính toán đã hoàn tất, danh sách các giai đoạn tính toán được cập nhật. Những giai đoạn tính toán kết thúc thành công sẽ được biểu thị bằng dấu tích (✓) màu

xanh, những giai đoạn tính toán kết thúc nhưng không thành công sẽ được biểu thị bằng dấu nhân (×) màu đỏ. Ngoài ra, lời nhắn của các giai đoạn tính toán sẽ được hiển thị trong hộp *Log info* của General.

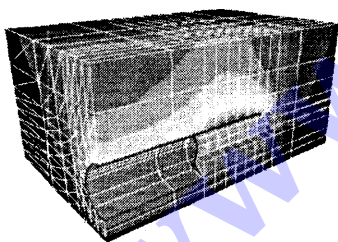
Để xem kết quả của một giai đoạn tính toán đã hoàn thành, chọn giai đoạn đó và nhấn biểu tượng <Output>. Ngay lập tức các kết quả của giai đoạn tính toán được chọn sẽ được hiển thị trong chương trình Output. Người sử dụng có thể xem kết quả của nhiều giai đoạn tính toán cùng một lúc bằng cách nhấn phím <Shift> trong khi chọn các giai đoạn. Sau đó nhấn biểu tượng <Output>, kết quả của tất cả các giai đoạn được chọn được hiển thị trong các cửa sổ riêng biệt của chương trình Output. Bằng cách này bạn có thể so sánh các kết quả của các giai đoạn tính toán khác nhau.

2.1.7. Môđun biểu diễn quan hệ ứng suất - biến dạng cho từng điểm trên mô hình tính (Curves)

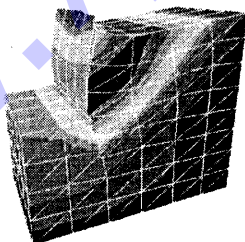
Môđun biểu diễn quan hệ ứng suất và biến dạng cho phép người sử dụng biểu diễn quan hệ ứng suất - biến dạng tại các thời điểm bất kỳ trên mô hình tính, tại các thời điểm và giai đoạn thi công.

2.1.8. Phạm vi ứng dụng của phần mềm Plaxis

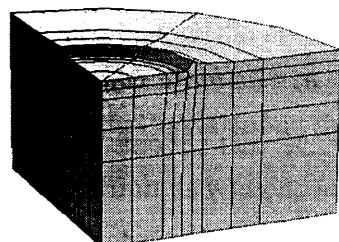
Đây là một phần mềm giải bài toán địa kỹ thuật bao gồm các bài toán về tuynel (hình 2.21a), bài toán động lực học-động đất (hình 2.21b), tường chắn đất (hình 2.21c), nền cọc-nhóm cọc (hình 2.21d) và bài toán dao động mực nước (hình 2.21e).



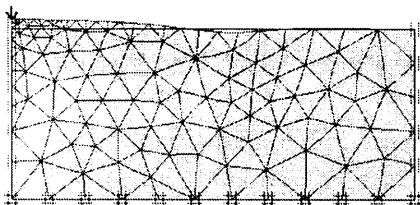
a) Bài toán tuynel



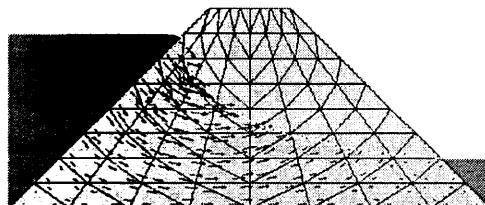
b) Bài toán tường chắn



c) Bài toán nền cọc



d) Bài toán động-động đất



e) Bài toán dao động mực nước

Hình 2.21: Các bài toán thuộc phạm vi ứng dụng của phần mềm Plaxis

2.2. YÊU CẦU KỸ THUẬT VÀ CÀI ĐẶT PHẦN MỀM

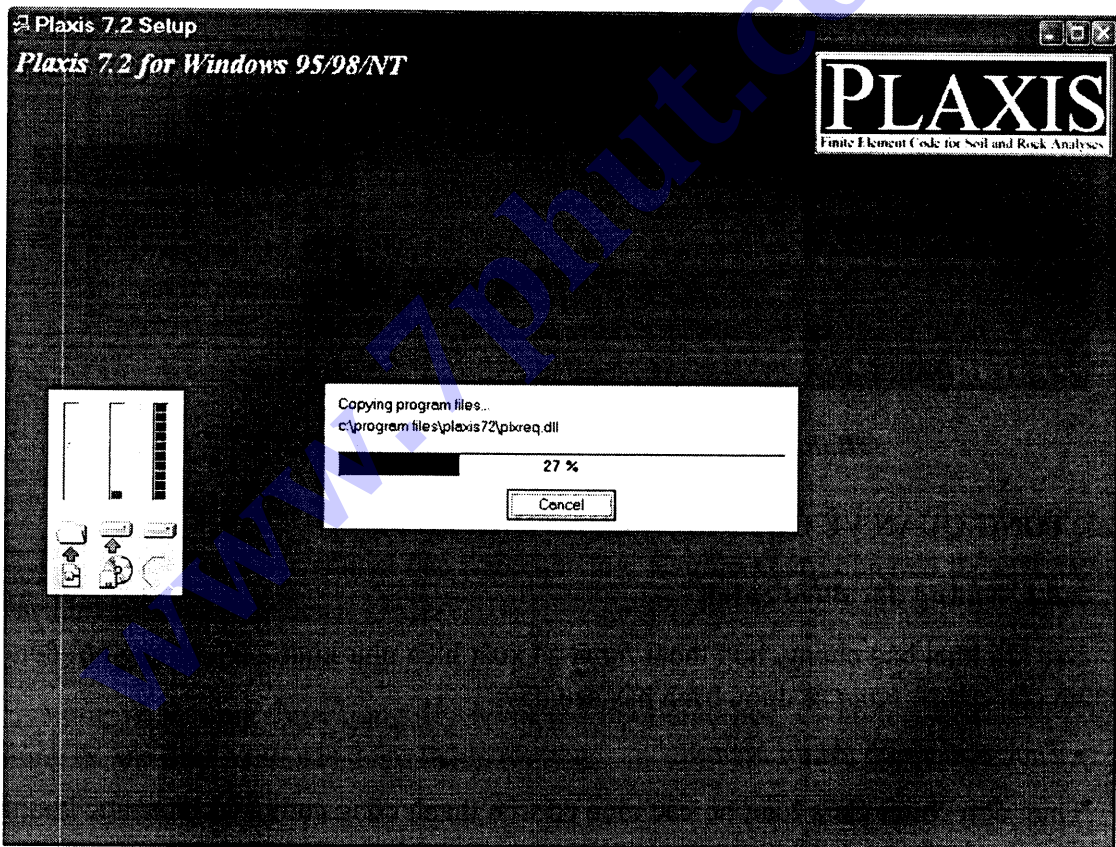
2.2.1. Yêu cầu kỹ thuật đối với máy tính cài đặt

Để cài đặt và chạy được phần mềm Plaxis thì các thông số kỹ thuật của máy tính phải đạt yêu cầu tối thiểu như sau:

- Tốc độ máy: 1 GHz
- Sử dụng chương trình: Windows 98/Me/2000/XP
- Khoảng trống bộ nhớ ổ cứng: 100MB
- Tốc độ xử lý bộ nhớ trong (RAM): 256 MB

2.2.2. Cài đặt chương trình

Những thủ tục cài đặt phiên bản hướng dẫn hoàn toàn tự động. Nếu có những sự cố xảy ra có thể chạy lại chương trình cài đặt để sửa chữa những vấn đề đó.

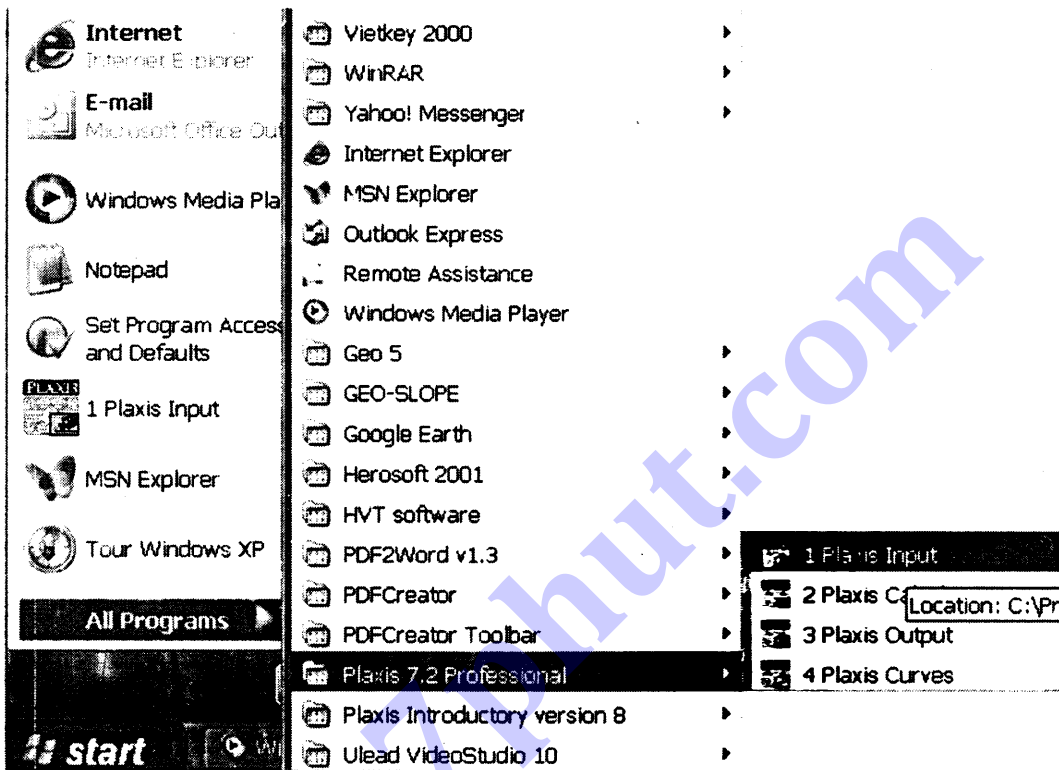


Hình 2.22: Cửa sổ cài đặt chương trình Plaxis

2.2.3. Khởi động chương trình

Sau khi cài đặt xong, để khởi động chương trình ta tiến hành như sau:

- Kích chuột phải vào trình đơn <Start> (góc trái phía dưới màn hình).
- Di chuyển con trỏ lên trình đơn <All programs>.
- Di chuyển tiếp con trỏ tới trình đơn Plaxis.
- Kích đúp chuột phải vào trình đơn <Plaxis Input> để khởi động phần mềm.



Hình 2.23: Trình tự khởi động của phần mềm Plaxis

2.3. TỔNG QUAN VỀ GIAO DIỆN CỦA PHẦN MỀM

2.3.1. Những đặc điểm chính

Sau khi khai báo chung, hộp thoại *Input* sẽ xuất hiện như hình 2.24, những nội dung chính của cửa sổ *Input* sẽ được trình bày sau đây:

- *Thực đơn chính (Main Menu):*

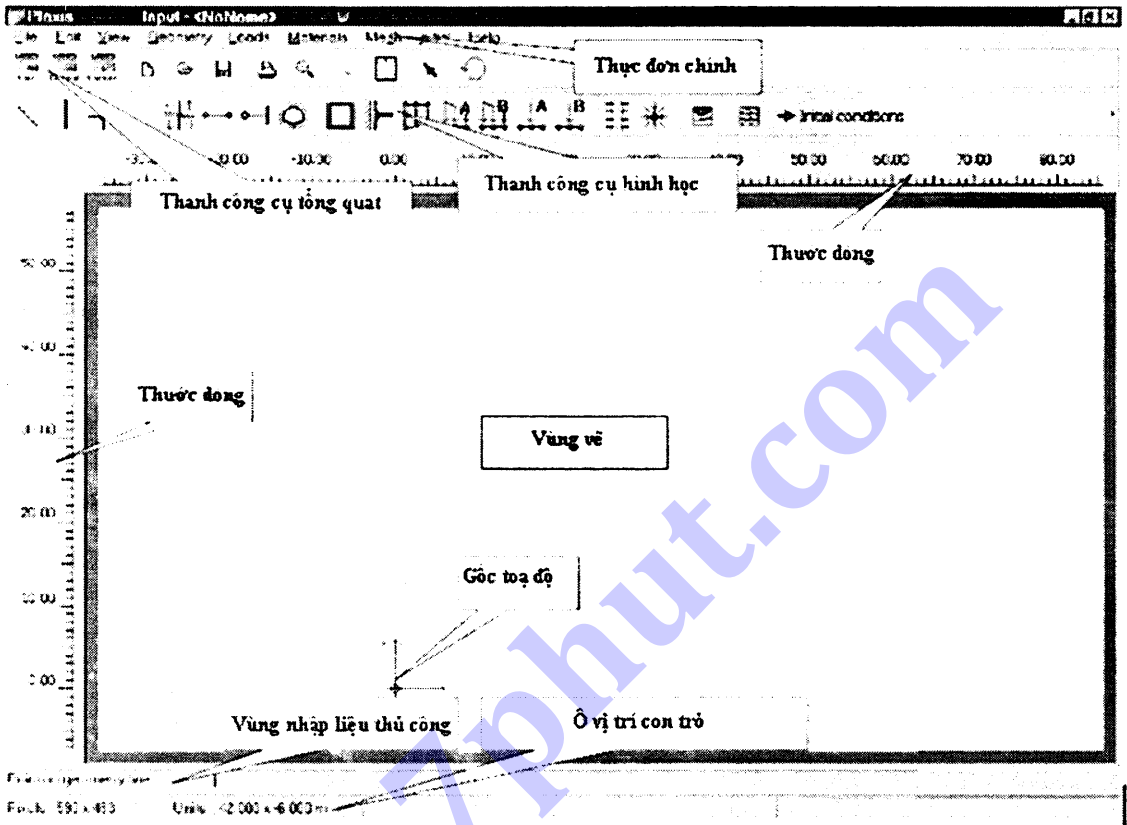
Thực đơn chính chứa toàn bộ các mục có trên thanh công cụ, và có một mục không thường xuyên được sử dụng.

- *Thanh công cụ chung (Toolbar (General)):*

Thanh công cụ chung chứa những nút tính năng chung như việc in ấn, phóng to hay thu nhỏ đối tượng và nó cũng chứa các nút để mở một chương trình khác của phần mềm (như việc tính toán, kết quả đầu ra và các đồ thị)

- Thanh công cụ hình học (Toolbar (Geometry)):

Thanh công cụ này chứa những nút dùng để tạo ra một mô hình hình học. Những nút đó được sắp xếp từ trái sang phải theo thứ tự hoàn thành một mô hình kết cấu.



Hình 2.24: Màn hình làm việc

- Thước dóng (Ruler):

Có 2 thước kẻ ở bên trái và bên trên của vùng vẽ giúp người dùng có thể ước lượng các khoảng cách hình học.

- Vùng vẽ (Draw area):

Vùng vẽ là vùng được dùng để vẽ các mô hình hình học, có những chấm nhỏ được dùng để xác định vị trí các điểm thông thường.

- Góc tọa độ (Origin):

Góc tọa độ được hiển thị là một vòng tròn nhỏ tại giao điểm của trục X và trục Y.

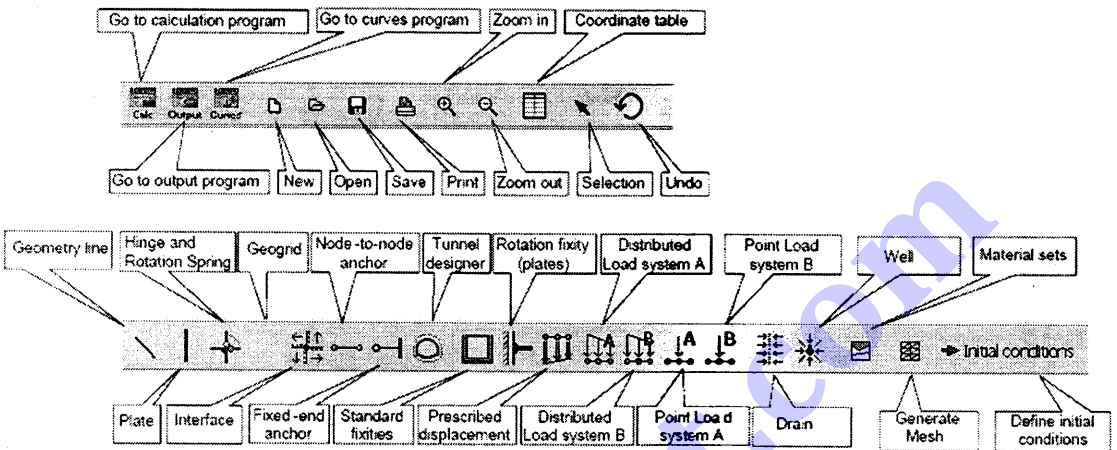
- Vùng nhập thủ công (Manual Input):

Trong trường hợp nhập trực tiếp bằng chuột không đưa ra kết quả chính xác, người dùng có thể nhập trực tiếp giá trị tọa độ theo phương X và phương Y, giữa 2 giá trị được phân biệt bằng dấu cách.

• Ô vị trí trỏ chuột (Cursor position indicator):

- Ô vị trí trỏ chuột cho biết tọa độ hiện thời của con trỏ chuột theo 2 phương.
- Một số lựa chọn ở trên sẽ được ẩn đi khi ta bỏ sự lựa chọn trong thực đơn *Menu*.

2.3.2. Một số công cụ cơ bản của chương trình



Hình 2.25: Thanh công cụ

Người dùng có thể xem tên và tính năng của nút bất kì trên các thanh công cụ trên bằng cách đặt và giữ con trỏ chuột tại nút đó trong 1 giây, một dòng hướng dẫn trong ô màu vàng sẽ hiện ra.



<Go to Calculation program> khởi động chương trình tính toán.



<Go to Output program> khởi động chương trình xem kết quả đầu ra.



<Go to Curves program> khởi động chương trình biểu diễn mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng.



<Selection> sử dụng để chọn đối tượng trên màn hình.

a) Thực đơn File



<New> để mở dự án mới.



<Open> mở một dự án đã có sẵn.



<Save> lưu một dự án với tên đã có.

<Save as> lưu giữ dự án với một tên mới.



<Print> in một mẫu hình học trên một máy in đã được chọn.


<Work directory> thiết lập thư mục làm việc mặc định nơi dự án sẽ được lưu.

<Import> nhập dữ liệu hình học từ kiểu file khác.

<General settings> thiết lập thông tin chung cho mô hình hình học.

<Exit> thoát ra khỏi cửa sổ Input


b) Thực đơn Edit

 <Undo> trở về trạng thái trước đó của mô hình hình học.


<Copy> sao chép mô hình hình học đến cửa sổ bộ nhớ.

c) Thực đơn View

<Zoom out> thu nhỏ.

 <Zoom in> phóng to.

<Reset view> xem lại toàn bộ vùng vẽ.

 <Coordinates Table> Hiển thị bảng tọa độ những điểm hình học. Bảng có thể được sử dụng để điều chỉnh những tọa độ có sẵn.


<Rulers> để hiển thị hoặc ẩn những thước đóng trong vùng vẽ.


<Grid> để hiển thị hoặc ẩn lưới trong vùng vẽ.


<Axes> để hiển thị hoặc ẩn mũi tên chỉ trục X và trục Y.


<Snap to grid> để khoá lưới.

d) Thực đơn Geometry


 <Geometry line> dùng để tạo ra những điểm và những đường trong vùng vẽ bởi việc kích với con trỏ chuột (nhập vào bằng hình) hoặc bởi việc gõ những tọa độ ở tại dòng lệnh (nhập vào bằng bàn phím).


 <Beam - Plate (Plaxis 8.0 trở lên)> tạo mẫu hình học cho các cấu kiện như tường, bản, dầm...


 <Beam hinge - Hinge and Rotation spring (Plaxis 8.0 trở lên)> tạo ra một kết nối khớp (một điểm nơi đầu những dầm có thể quay tự do), tùy chọn Beam hinge có thể được chọn từ thực đơn Geometry hoặc bởi việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ.

 <Geotextile - geogrid (Plaxis 8.0 trở lên)> tạo thành vải địa kỹ thuật trong mô hình hình học.


 <Interface> sử dụng để mô hình hoá sự tương tác giữa kết cấu và đất.


 <Node to node anchor> sử dụng để tạo ra các kiểu neo liên kết giữa các cấu kiện.


 <Fixed-end anchor> sử dụng để tạo ra các kiểu neo giữa cấu kiện và đất nền.


 <Tunnel> tạo mẫu hình học cho cấu kiện đường hầm, cống ngầm...

e) Thực đơn Loads

 <Standard fixities> để thiết lập điều kiện biên của bài toán.


 <Prescribed displacements> để tạo ra các chuyển vị cưỡng bức.

 <Momen fixity (beams)> khoá sự xoay được sử dụng để cố định độ xoay tự do của một dầm. Sau khi vào tùy chọn Fixed rotation từ menu Loads hoặc bằng việc kích vào nút tương ứng trong thanh công cụ, điểm hình dạng cần phải được nhập vào (được kích) nơi cố định góc xoay sẽ được ứng dụng.


 <Traction - Load system B> thiết lập các tải trọng phân bố B

 <Point forces - Load system B> thiết lập lực tập trung tác dụng lên kết cấu.


f) Thực đơn Materials


 <Material sets> để khai báo tính chất của các loại vật liệu mới và sửa đổi các dữ liệu vật liệu đã được thiết lập cho đất nền, cấu kiện.


g) Thực đơn Mesh


 <Generate mesh> thực đơn Mesh chứa đựng những tùy chọn để phát sinh một mắt lưới phần tử hữu hạn và để làm mịn toàn bộ lưới cũng như một phần.


h) Thực đơn Initial


 <Define initial condition> thiết lập các điều kiện ban đầu của bài toán.


 <Phreatic line> để vẽ một đường mực nước ngầm.


 <Close flow boundary> tạo ra bổ sung những điều kiện biên cho dòng chảy


 <Close consolidation boundary> để củng cố phân tích điều kiện biên.

 <Generate water pressures> để phát sinh những áp lực nước ban đầu.

 <Switch> để chuyển giữa cửa sổ áp lực nước và thông số hình học.

 *<Generate initial stresses>* để phát sinh những ứng suất hiệu quả ban đầu.

 *Calculate* *<Define calculation>* khởi động quá trình tính toán đã được xác định.

 *<Select points for curves>* lựa chọn các điểm để biểu thị trên đường cong chuyển vị do tải trọng.

Trong quá trình thiết lập các thông số, giải bài toán hoặc xem kết quả nếu cần giúp đỡ kích phím F1 để được trợ giúp.

2.4. TRÌNH TỰ GIẢI MỘT BÀI TOÁN BẰNG PHẦN MỀM PLAXIS

Trên cơ sở nghiên cứu phần mềm Plaxis và qua kinh nghiệm, chúng tôi có thể tổng kết để giải một bài toán bằng phần mềm Plaxis gồm có 3 bước chính:

- 1) Thiết lập mô hình của bài toán
- 2) Quá trình tính toán
- 3) Xem và xuất kết quả

Cũng trên cơ sở các bước chính này, để thuận tiện cho người sử dụng, chúng tôi đề xuất trình tự giải một bài toán bằng phần mềm Plaxis gồm có 12 bước chi tiết sau:

Bước 1: Thiết lập tổng thể của bài toán.

Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng, kết cấu.

Bước 3: Khai báo tải trọng.

Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn.

Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu.

Bước 6: Chia lưới phần tử.

Bước 7: Thiết lập những điều kiện về mực nước.

Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán.

Bước 9: Chọn điểm.

Bước 10: Xem và xuất kết quả nội lực, biến dạng, ứng suất của kết cấu hố đào.

Bước 11: Xem và xuất kết quả biểu đồ biến đổi tải trọng của tường chắn.

Bước 12: Xem và xuất giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất.

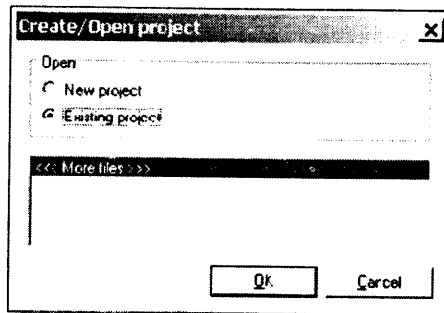
Sau đây chúng tôi đi vào trình bày nội dung chi tiết để giải một bài toán bằng phần mềm Plaxis.

2.4.1. Thiết lập mô hình của bài toán

Để tạo mẫu hình dạng, theo những bước sau đây:

Bước 1: Thiết lập tổng thể

- Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn New project từ hộp thoại *Create/Open project*.

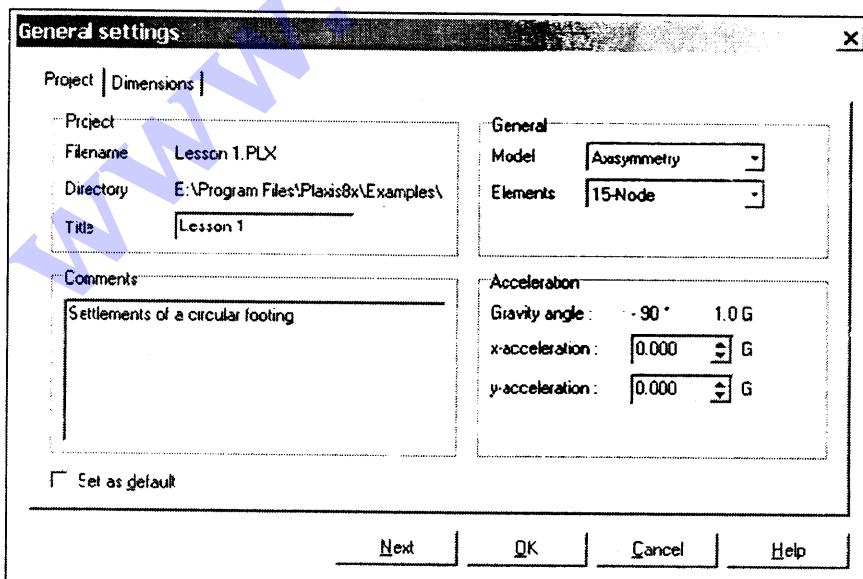


Hình 2.26: Hộp thoại *Create/Open project*

- Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 1) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với *Plane strain* và rằng *Elements* được thiết lập với *15-node*.

- Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = Day) và nhập kích thước ngang (Left, Right) theo thứ tự là 0.0 và 90.0 và kích thước dọc (Bottom, Top) là 0.0 và 40.0. Giữ mặc định giá trị cho lưới khoảng cách (Spacing = 1m; bước nhảy của khoảng cách *Interval* = 1)

- Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.




Hình 2.27: Hộp thoại *General settings*

Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng, kết cấu


- Đường bao hình dạng: Chọn nút <Geometry line> \ từ thanh công cụ (điều này, trên thực tế đã được lựa chọn cho một bài toán mới). Dùng con chuột để vẽ đường bao.

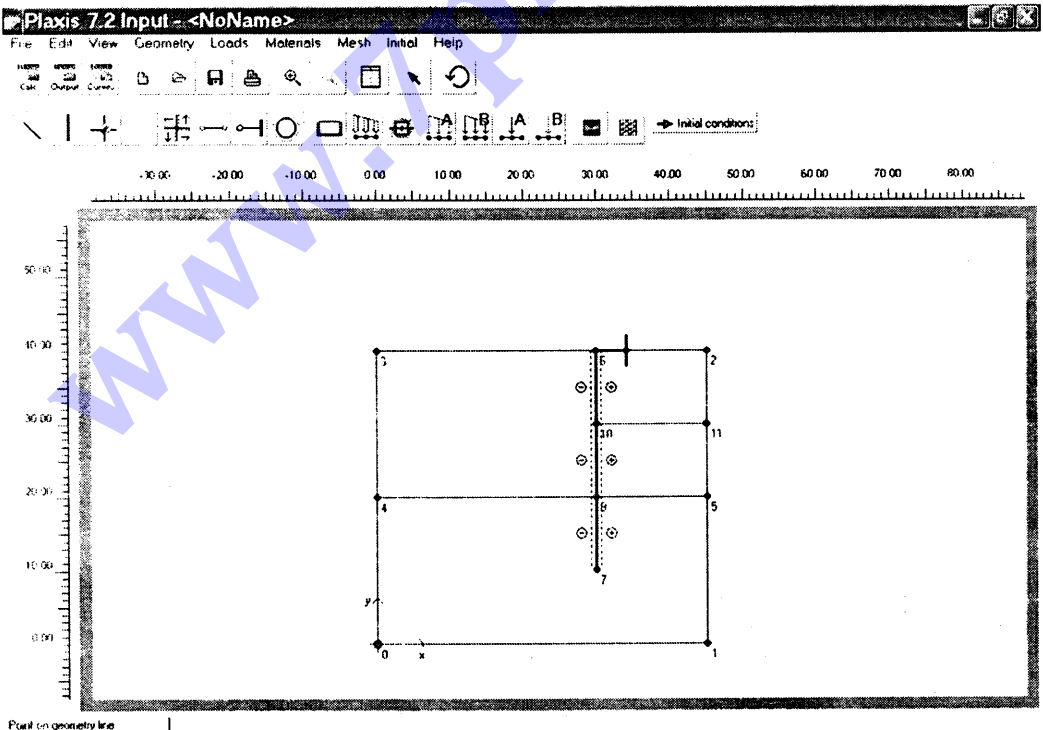
- Sự ngăn cách giữa các lớp đất: Chọn nút <Geometry line> \ một lần nữa. Di chuyển con trỏ tới các vị trí cần tạo ra đường ngăn cách và kích chuột trái. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Tường chắn, dầm, bản...: Chọn nút <Beam> | từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ tới vị trí cần vẽ và kích chuột trái để xác định. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Bề mặt: Kích vào nút *Interface*  trên thanh công cụ hay chọn biểu tượng *Interface* từ thực đơn *Geometry*.


Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đối tượng cần khai báo và kích phím trái chuột. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Thanh liên kết: Kích vào nút *Node - to - node anchor*  trên thanh công cụ hay chọn mục *Node - to - node anchor* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ tới một vị trí cần thiết lập liên kết và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên phải tới điểm (60.0; 39.0) và kích. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

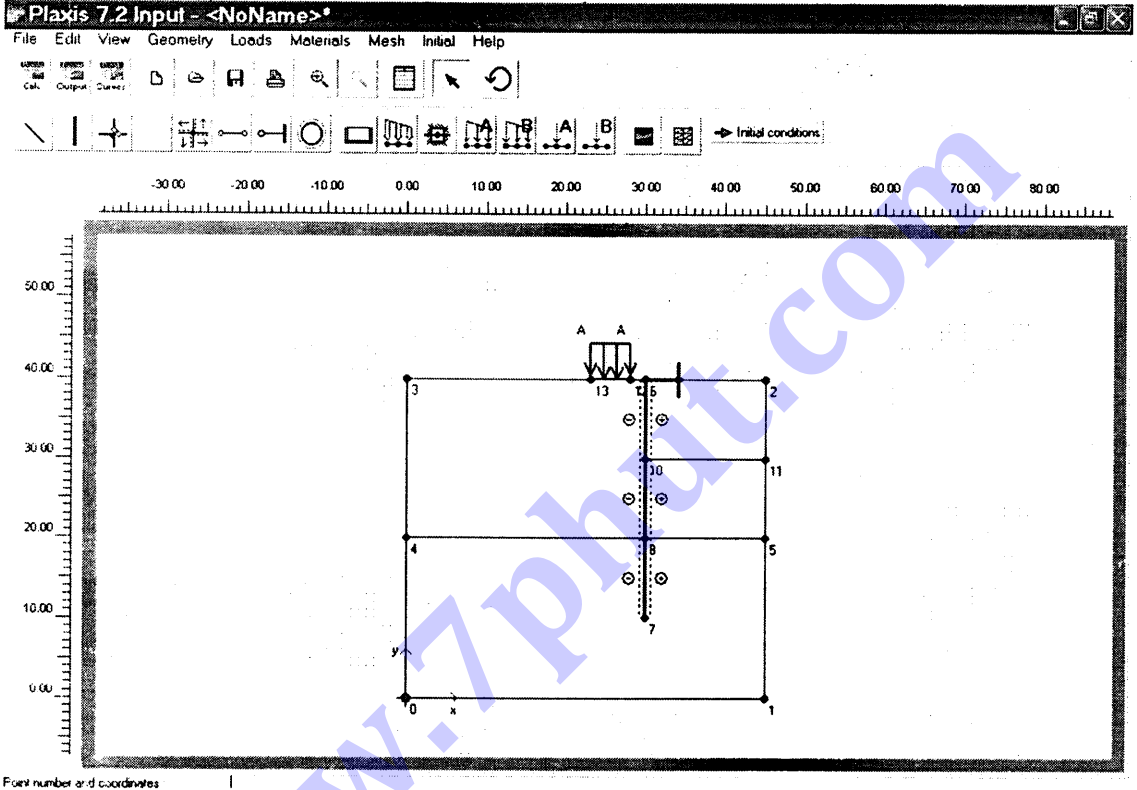


Hình 2.28: Mẫu hình dạng của một bài toán sau khi được thiết lập

Bước 3: Khai báo tải trọng


- Kích vào *Tractions - load system A* . Di chuyển con trỏ tới vị trí cần đặt lực. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị độ lớn của tải trọng.

- Tiến hành tương tự đối với tải trọng tập trung.




Hình 2.29: Mẫu hình học sau khi nhập tải trọng

Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn

- Để thiết lập các điều kiện giới hạn, kích vào nút *Standard fixities*  trên thanh công cụ (hình 2.30).

Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu

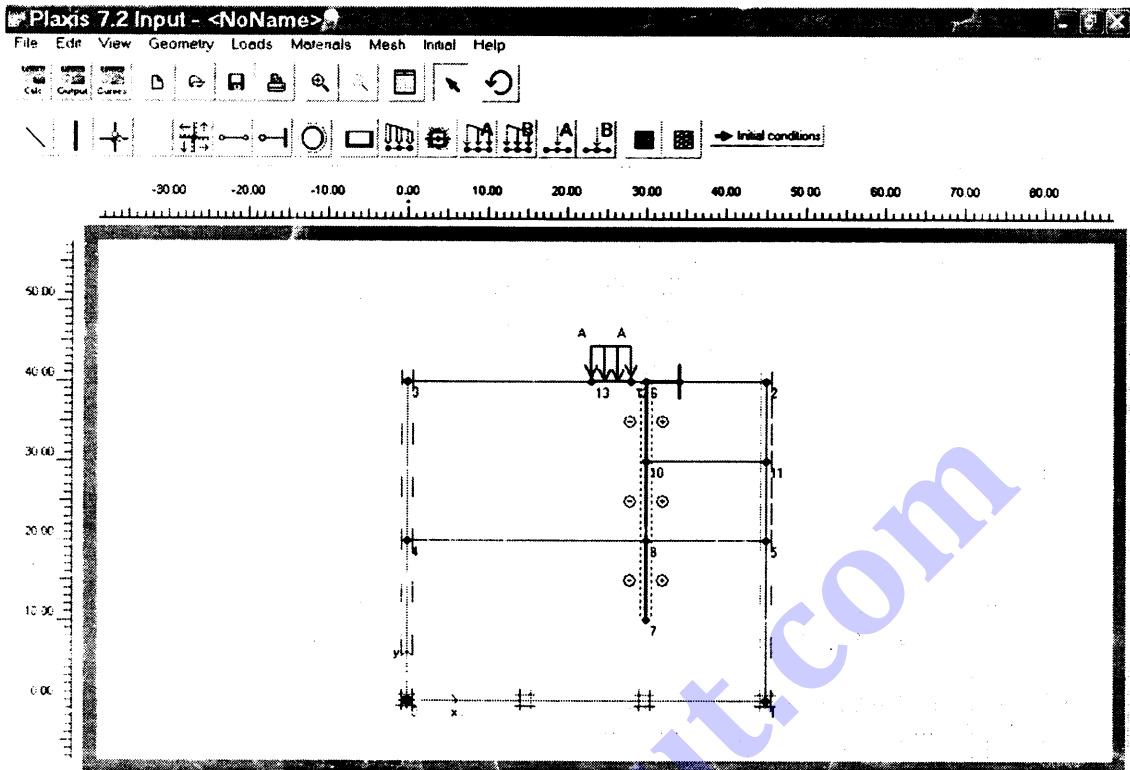
❖ Thiết lập các đặc trưng vật liệu của đất nền

- Kích vào nút *Material sets*  trên thanh công cụ. Chọn *Soil & interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.

- Nhập các thông số của lớp đất đã cho vào hộp thoại Mohr - Coulomb.


- Kéo bộ dữ liệu vừa thiết lập tới nhóm đất phía trên và để nó ở đó.

- Tiến hành tương tự đối với lớp đất khác.




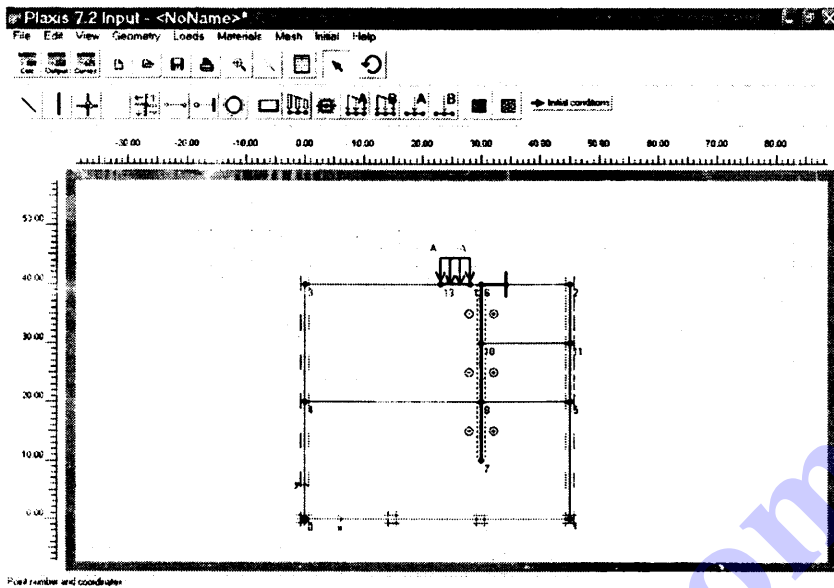
Hình 2.30: Mẫu hình học sau khi thiết lập điều kiện biên

❖ **Thiết lập thông số của các cấu kiện như tường chắn, bản, dầm...**

- Kích vào nút *Material sets*  từ *Beams* và kích vào nút <New>.
- Nhập các thông số vật liệu của cấu kiện vào trong hộp thoại *Beam properties*. Kích vào nút OK để đóng bộ dữ liệu.
- Kéo bộ dữ liệu vừa thiết lập tới các cấu kiện cần khai báo trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.


❖ **Thiết lập thông số của neo liên kết**

- Kích vào nút *Material sets*  tới *Anchors* và kích vào nút <New>.
- Nhập các thông số của neo liên kết đã cho vào trong hộp thoại *Anchor properties*. Kích nút OK để đóng bộ dữ liệu.
- Kéo bộ dữ liệu vừa thiết lập tới liên kết trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Đóng cửa sổ *Material sets*. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

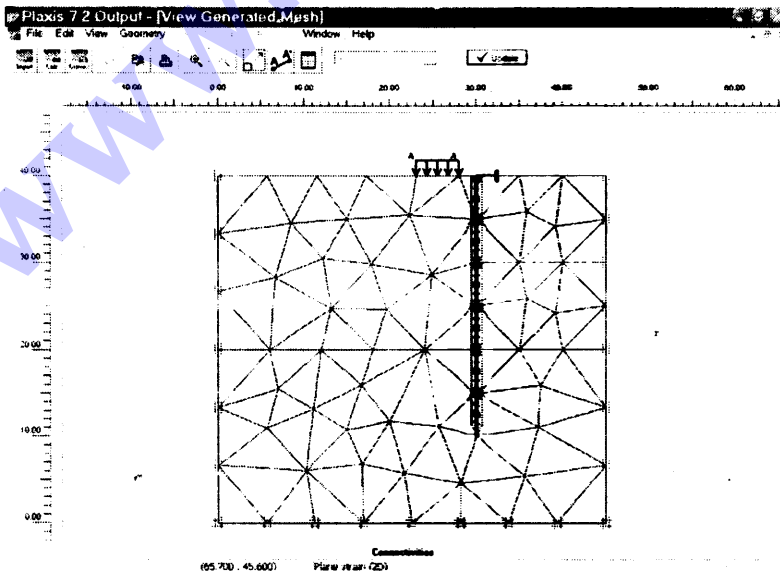


Hình 2.31: Mẫu hình học sau khi khai báo tính chất vật liệu

Bước 6: Chia lưới phần tử

- Kích vào nút *Generate mesh*  trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ Output. Kích vào nút *Update* để quay trở lại đầu vào hình dạng.

- Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Để làm mịn toàn bộ, có thể chọn mục tiếp theo từ hộp kết hợp (*Medium*) và kích vào nút *<Generate>* Kích vào nút *<Update>* để quay trở lại.



Hình 2.32: Lưới phần tử hữu hạn

Bước 7: Thiết lập những điều kiện về mực nước

- Kích vào nút <Initial conditions> → Initial conditions trên thanh công cụ.

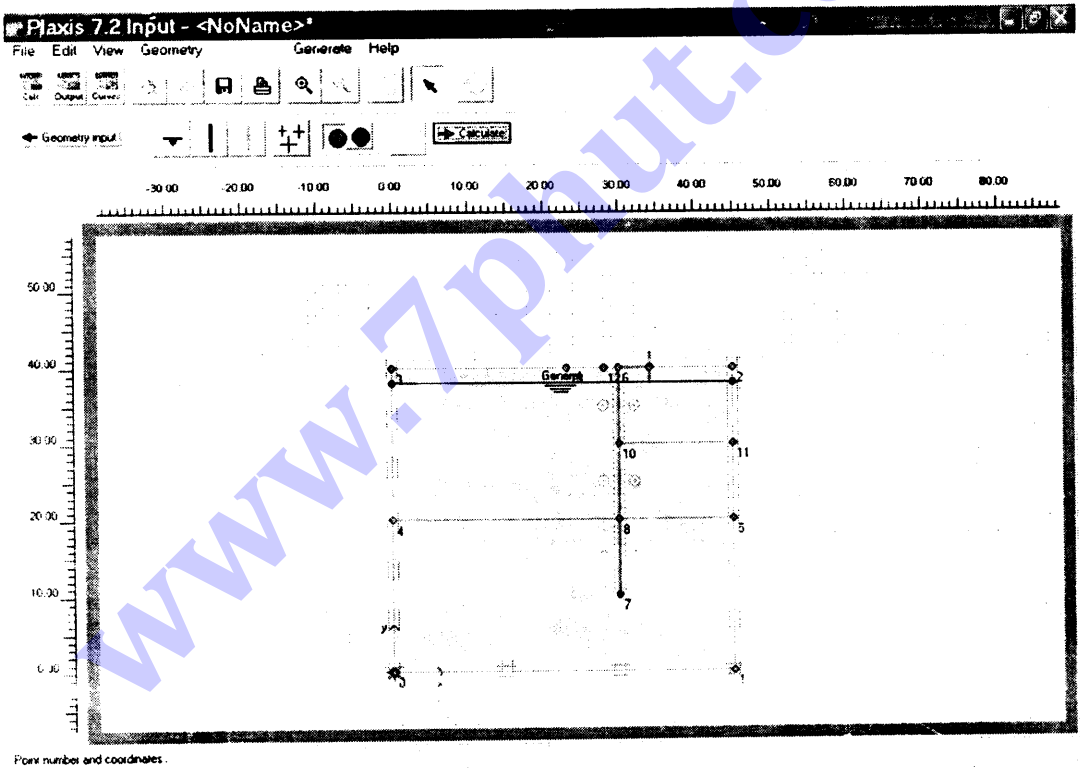
☑ Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng đơn vị thể tích nước, là 10 kN/m^3 hoặc thay đổi giá trị khác. Kiểu *Groundwater conditions* sau đó sẽ hoạt động, trong đó, nút Phreatic level đã được lựa chọn.

- Dùng con trỏ và bàn phím để vẽ đường mực nước theo yêu cầu của bài toán.

- Kích vào nút *Generate water generate* $\begin{matrix} + \\ + \end{matrix}$ (dấu cộng màu xanh) trên thanh công cụ. Bây giờ cửa sổ *Water pressure generation* xuất hiện.

- Từ cửa sổ *Water pressure generation*, chọn nút *Phreatic level* trong hộp *Generate* và kích vào nút OK.

- Sau sự xuất hiện của áp lực nước, kết quả được hiển thị trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút *Update* để trở lại chế độ làm việc kiểu *Groundwater conditions*.



Hình 2.33: Mẫu hình học sau khi thiết lập mực nước

☑ ở chế độ *Geometry configuration* kích vào nút *Switch* trên thanh công cụ.

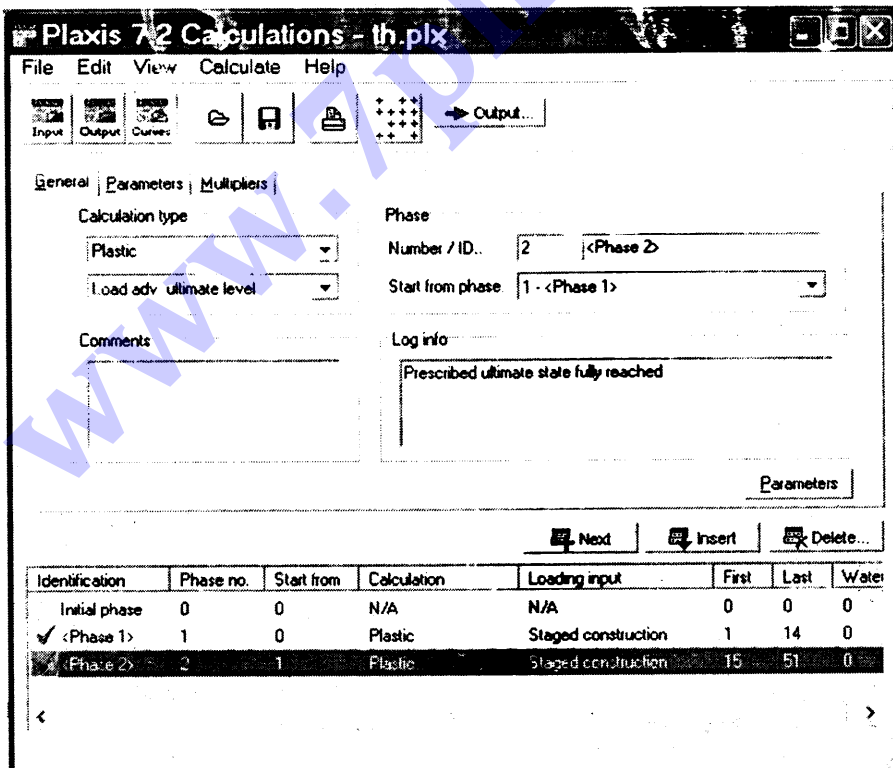
- Kích vào nút *Generate initial stresses* $\begin{matrix} + \\ + \end{matrix}$ trong thanh công cụ. Hộp thoại *K₀ - procedure* xuất hiện.

- Giữ trọng lượng tổng cộng của đất bằng 1,0. Có thể chấp nhận giá trị mặc định cho K_0 hoặc nhập giá trị khác phụ thuộc vào yêu cầu đầu bài và kích vào nút <OK>.
- Sau khi ứng suất tác dụng chính phát sinh, kết quả được hiển thị trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ kiểu Initial configuration.
- Kích vào nút <Calculate>. Chọn <Yes> trong trả lời câu hỏi về lưu dữ liệu và nhập một tên tệp thích hợp.

2.4.2. Quá trình tính toán


Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán

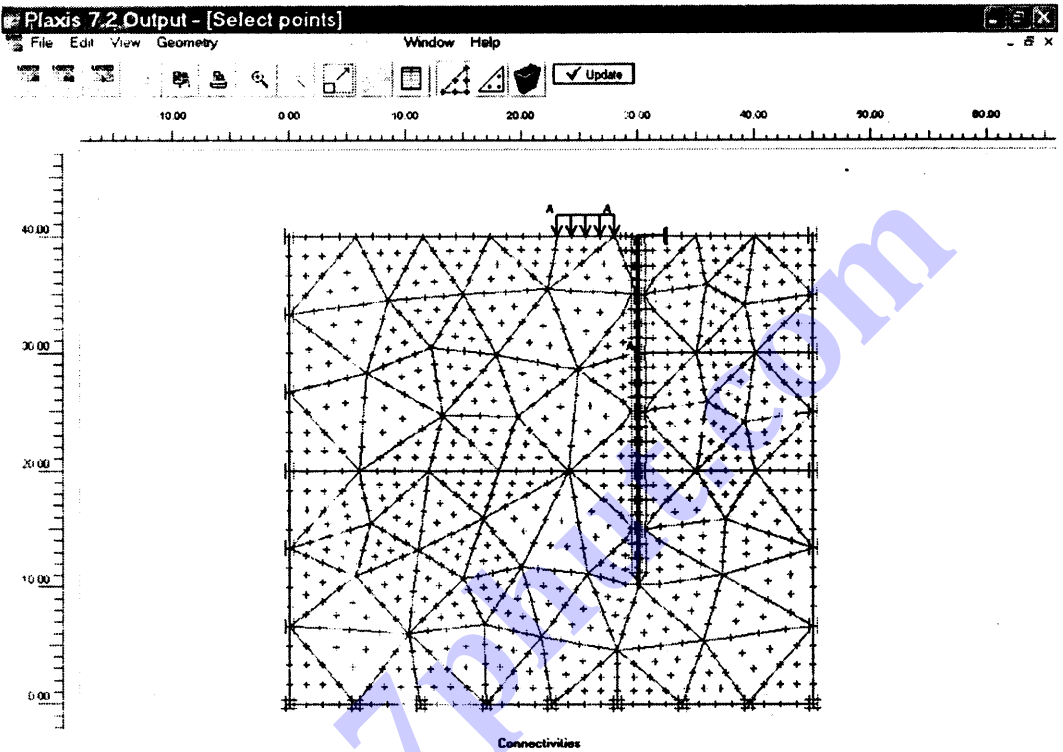
- Chọn giai đoạn tính toán đầu tiên và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.
- Trong trình đơn *Parameter*, giữ nguyên các giá trị mặc định cho *Control parameters* và *Iterative procedure*. Lựa chọn *Staged construction* từ hộp *Loading input*.
- Kích vào nút *Define*. Bây giờ, cửa sổ *Staged construction* xuất hiện.
- Thiết lập các điều kiện để giải bài toán như: làm hoạt động hoặc ngưng hoạt động đối tượng nào đó.
- Kích vào nút <Update> để trở lại cửa sổ *Calculations*.



Hình 2.34: Cửa sổ tính toán Calculations

Bước 9: Chọn điểm

- Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.
- Chọn một vài nút trên tường tại các điểm mà độ võng lớn có thể xảy ra và kích vào nút <Update>.



Hình 2.35: Cửa sổ chọn điểm của bài toán

- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.
- Quá trình tính toán sẽ bắt đầu. Chương trình tính toán cho giai đoạn tính toán đầu tiên mà được chọn để biểu diễn, là giai đoạn 1.

2.4.3. Xem và xuất kết quả

Bước 10: Xem nội lực, biến dạng, ứng suất của kết cấu hố đào của η

- Kích vào giai đoạn tính toán cuối cùng trong cửa sổ *Calculations*.
- Kích vào nút *Output* trên thanh công cụ.
- Chọn *Total increments* từ thực đơn *Deformations*. Đồ thị thể hiện giá trị chuyển vị của tất cả các nút như hình các mũi tên.
- Hộp kết hợp biểu diễn trong thanh công cụ gọi là *Arrows*. Chọn *Shadings* từ hộp kết hợp. Bây giờ, biểu đồ thể hiện màu sắc của giá trị chuyển vị. Từ biểu đồ, một vùng biến dạng rất lớn xuất hiện phía sau tường.

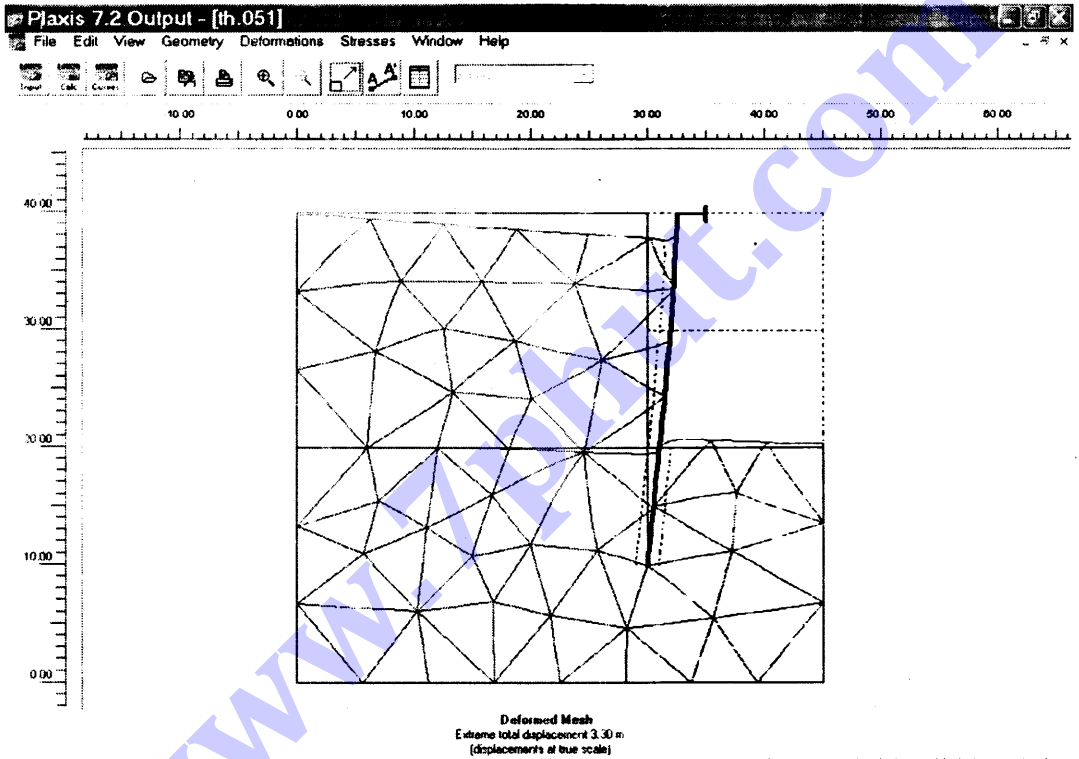
- Chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stresses*. Đồ thị thể hiện độ lớn và chiều của ứng suất tác dụng chính.

Để vẽ biểu đồ lực gây biến dạng và mômen uốn trong tường theo các bước sau:

- Kích đúp chuột vào tường. Một cửa sổ mới được mở thể hiện mômen uốn trong tường, với một sự biểu thị giá trị lớn nhất của mômen.


- Chọn *Shear forces* từ thực đơn *Forces*. Biểu đồ thể hiện biến dạng của tường.

- Chọn cửa sổ đầu tiên (thể hiện ứng suất tác dụng trong hình dạng đầy đủ) từ thực đơn *Window*. Kích đúp chuột vào thanh liên kết, một cửa sổ mới sẽ được mở thể hiện lực liên kết (kN/m).



Hình 2.36: Kết quả biến dạng của bài toán

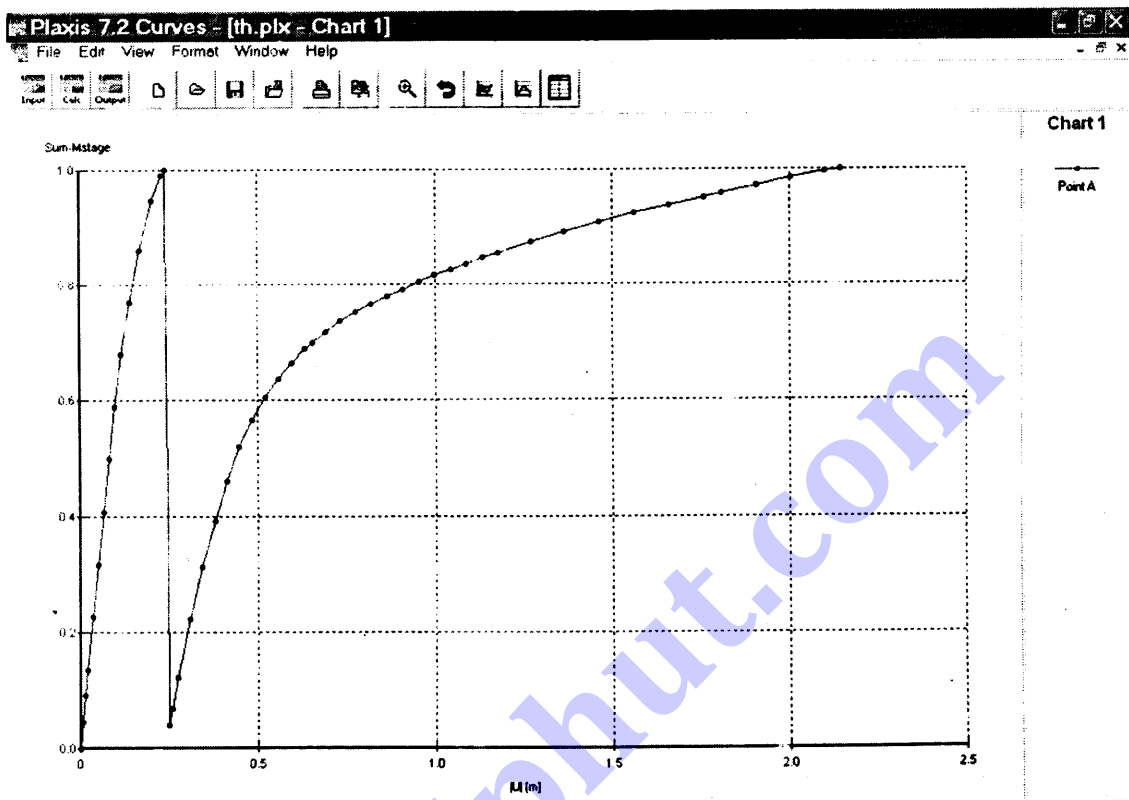
Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ

- Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.

- Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hồ đào từ tệp tin yêu cầu.


- Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A nào đó và từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu *U*. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp \sum Mstage.


- Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng.




Hình 2.37: Biểu đồ thể hiện quan hệ giữa biến dạng và ứng suất

Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất

- Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.

- Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Effective stresses*. Một bảng các giá trị ứng suất sẽ xuất hiện.

- Nội lực ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Bending Moment*. Một bảng giá trị nội lực sẽ xuất hiện.

Chương 3
CÁC VÍ DỤ MẪU ĐIỂN HÌNH
GIẢI BÀI TOÁN CÔNG TRÌNH THỦY CÔNG
BẰNG PHẦN MỀM PLAXIS

3.1. TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN BẰNG PHẦN MỀM PLAXIS

Trình tự tổng quát giải bài toán bằng phần mềm Plaxis:

- Thiết lập mô hình hình học của bài toán (điều kiện biên của bài toán, của đất nền, của cừ - của neo, khoảng cách giữa các cừ...):
- Khai báo các đặc trưng của đất nền, cừ, neo, tải trọng...;
- Tiến hành chia lưới phân tử;
- Thiết lập các điều kiện ban đầu và các giai đoạn tính toán.
- Chạy tính toán bằng chương trình cho các giai đoạn đã thiết lập,
- Xử lý kết quả sau khi chạy chương trình là nội lực (M, N, Q), chuyển vị của tường - neo, lực neo, trường ứng suất trong đất nền và biến dạng của nền đất...

Trên cơ sở trình tự tổng quát ứng dụng tính toán các công trình thủy công, để thuận tiện cho người sử dụng, chúng tôi đề xuất chi tiết các bước tính toán cho các bài toán tương tác giữa công trình với môi trường nền đất và nước bằng phần mềm Plaxis gồm 12 bước chi tiết sau đây:

Bước 1: Thiết lập tổng thể của bài toán.

Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng, kết cấu.

Bước 3: Khai báo tải trọng.

Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn.

Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu.

Bước 6: Chia lưới phân tử.

Bước 7: Thiết lập những điều kiện về mực nước.

Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán.

Bước 9: Chọn điểm.

Bước 10: Xem và xuất kết quả nội lực, biến dạng, ứng suất của kết cấu hồ đập.

Bước 11: Xem và xuất kết quả biểu đồ biến đổi tải trọng của tường chắn.

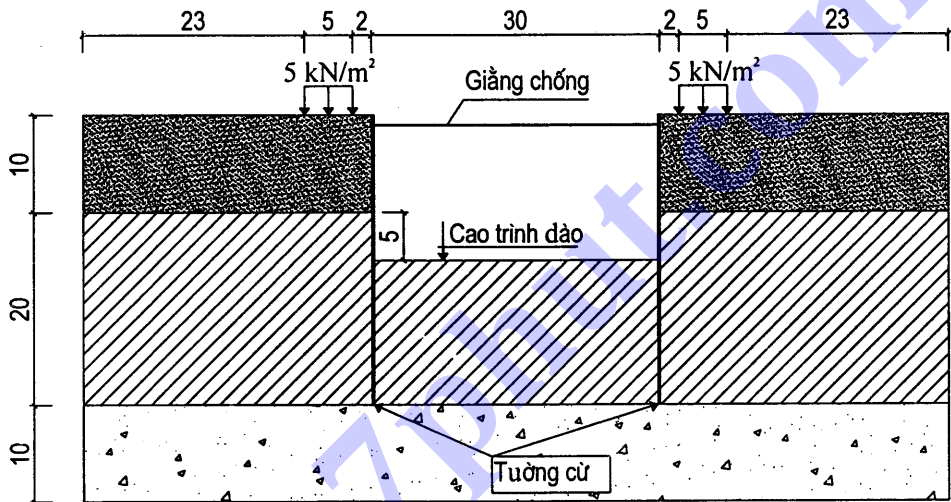
Bước 12: Xem và xuất giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất.

Trên nền của phần mềm Plaxis, chúng tôi đã xây dựng được các ví dụ mẫu để áp dụng tính toán biến dạng, chuyển vị, nội lực, ứng suất cho một số dạng công trình thủy công thông dụng. Sau đây chúng tôi sẽ trình bày chi tiết các ví dụ mẫu đó.

3.2. BÀI TOÁN KẾT CẤU HỒ ĐÀO SỬ DỤNG THANH CHỐNG PHỤC VỤ THI CÔNG Ụ TÀU

3.2.1. Đề bài

- Cho kết cấu hồ đào như hình vẽ.



Hình 3.1: Sơ đồ của bài toán

- Nền đất với ba lớp đất có các đặc trưng cơ lý như sau:

Bảng 3.1: Đặc trưng vật liệu của Lớp 1

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
1	2	3	4
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	18	kN/m^3
Khối lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	19	kN/m^3
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,1	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,1	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	10000	kN/m^2

1	2	3	4
Hệ số Poisson	ν	0,32	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	2,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	28	°
Góc trượt nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,7	-

Bảng 3.2: Đặc trưng vật liệu của lớp 2

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	17,5	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	20	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,001	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,001	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	15000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,35	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	5,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	22	°
Góc trượt nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,67	-

Bảng 3.3: Đặc trưng vật liệu của lớp 3

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	17,8	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	19	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,5	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,5	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	20000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,3	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	0,001	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	29	°
Góc trượt nở	ψ	0,0	°

- Tường cừ và giằng chống có những đặc trưng vật liệu như sau:

Bảng 3.4: Đặc trưng vật liệu của tường chắn

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$7,5 \cdot 10^6$	kN/m
Độ cứng khi uốn	EI	$1,5 \cdot 10^6$	kNm^2/m
Bề dày tương đương	d	1,549	m
Trọng lượng	W	10,0	kN/m/m
Hệ số Poisson	ν	0,0	-

Bảng 3.5: Đặc trưng vật liệu của thanh giằng (thanh neo)

Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$3,5 \cdot 10^6$	kN
Khoảng cách giữa các thanh	L_s	5,0	m
Lực lớn nhất	$F_{\max, \text{comp}}$	$1 \cdot 10^{15}$	kN

3.2.2. Thiết lập mô hình của bài toán

Để tạo mẫu hình dạng, theo những bước sau đây:

• Bước 1: Thiết lập tổng thể

- Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn *New project* từ hộp thoại *Create/Open project*.

- Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 1) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với *Plane strain* và rằng *Elements* được thiết lập với 15-node.

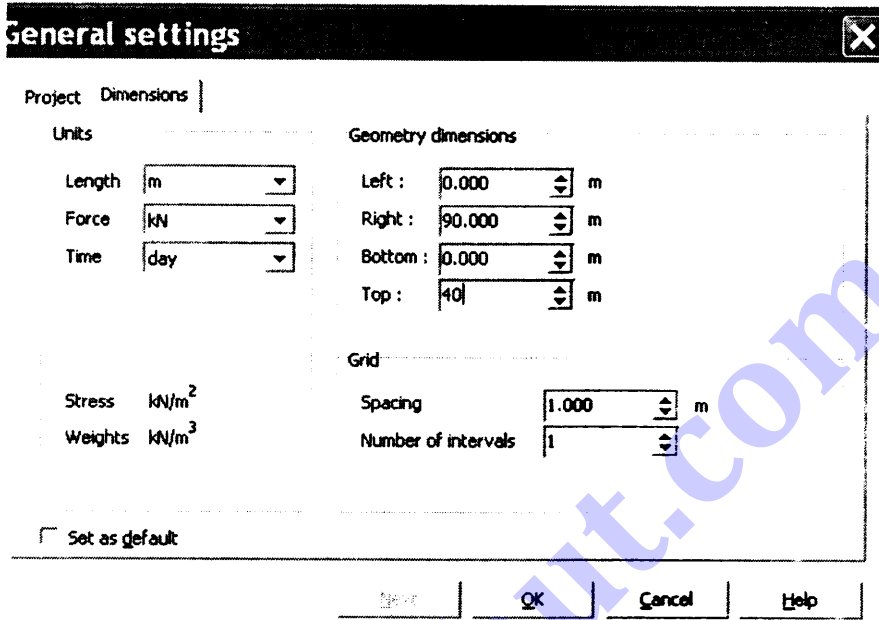
- Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = day) và nhập kích thước ngang (*Left*, *Right*) theo thứ tự là 0.0 và 90.0 và kích thước dọc (*Bottom*, *Top*) là 0.0 và 40.0. Giữ mặc định giá trị cho lưới khoảng cách (*Spacing* = 1m; bước nhảy của khoảng cách *Interval* = 1)

- Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.

• Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng, kết cấu

- Đường bao hình dạng: Chọn nút <Geometry line> từ thanh công cụ (điều này, trên thực tế đã được lựa chọn cho một bài toán mới). Di chuyển con trỏ từ gốc (0.0; 0.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 90m tới điểm bên phải (90.0; 0.0) và kích lại một lần

nữa. Di chuyển 40m lên điểm (90.0; 40.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 90m tới điểm bên trái (0.0; 40.0) và kích chuột lại một lần nữa. Cuối cùng, di chuyển con trỏ về gốc toạ độ và kích chuột lại lần nữa. Một nhóm các điểm đã hiện ra. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.



Hình 3.2: Hộp thoại General settings


- Sự ngăn cách giữa các lớp đất: Nút <Geometry line> vẫn được lựa chọn. Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 30.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển 90m tới điểm bên phải (90.0; 30.0) và kích vào đường thẳng đứng hiện có khác.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 10.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển 90m tới điểm bên phải (90.0; 10.0) và kích vào đường thẳng đứng hiện có khác.

- Tường chắn: Chọn nút <Beam> từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ tới vị trí (30.0; 40.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 30m xuống (30.0; 10.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ tới vị trí (60.0; 40.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 30m xuống (60.0; 10.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Sự ngăn cách của các tầng hố đào: Chọn nút <Geometry line> một lần nữa. Di chuyển con trỏ tới vị trí (30.0; 38.0) tại tường và kích. Di chuyển con trỏ 30m tới điểm bên phải (60.0; 38.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ lớp hố đào đầu tiên. Bây giờ, di chuyển con trỏ tới vị trí (30.0; 30.0) và kích chuột. Di chuyển tới (60.0;30.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ tầng hố đào

thứ 2. Cuối cùng, di chuyển con trỏ tới vị trí (30.0; 25.0) và kích chuột. Di chuyển tới (60.0; 25.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ tầng hố đào thứ 3.


- Bề mặt: Kích vào nút *Interface*  trên thanh công cụ hay chọn biểu tượng *Interface* từ thực đơn *Geometry*.

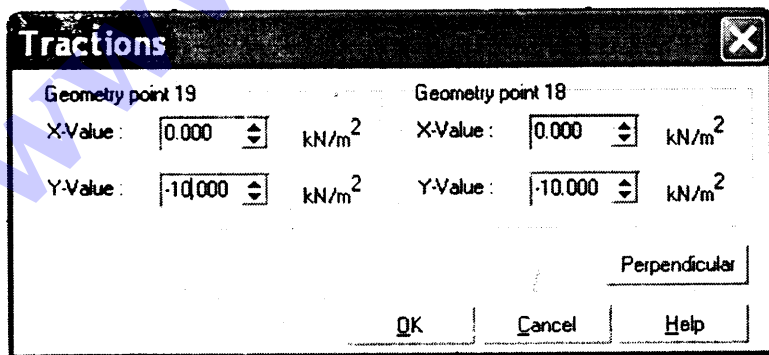
- Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (30.0; 40.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (30.0; 10.0) và kích lần nữa. Di chuyển về điểm (30.0; 40.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (60.0; 40.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (60.0; 10.0) và kích lần nữa. Di chuyển về điểm (60.0; 40.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Thanh liên kết: Kích vào nút *Node - to - node anchor*  trên thanh công cụ hay chọn mục *Node - to - node anchor* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ tới một vị trí dưới điểm (30.0; 39.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên phải tới điểm (60.0; 39.0) và kích. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

• Bước 3: Khai báo tải trọng

- Kích vào *Tractions - load system A* . Di chuyển con trỏ tới (23.0; 40.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 5m tới điểm (28.0; 40.0) và kích lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -10kN/m^2 .



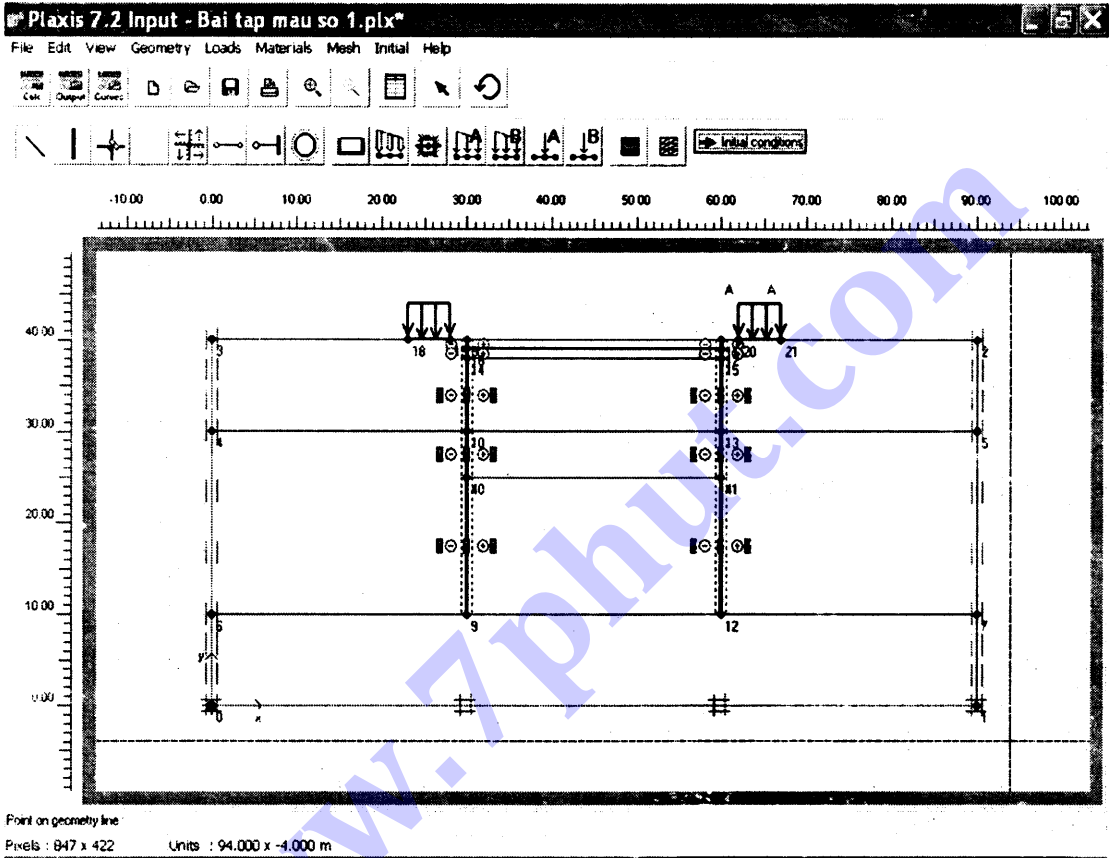
Hình 3.3: Hộp thoại *Tractions (System A)*

- Di chuyển con trỏ tới (62.0; 40.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 5m tới điểm (67.0; 40.0) và kích lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh

công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục trục Y giá trị -10kN/m^2 .

• **Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn**

- Để tạo các điều kiện giới hạn, kích vào nút *Standard fixities* trên thanh công cụ. Hình dạng mẫu được thể hiện trong hình 3.4.



Hình 3.4: Hình dạng mẫu trong cửa sổ đầu vào

• **Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu**

❖ Kích vào nút *Material sets* trên thanh công cụ. Chọn *Soil & interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.


- Đại diện cho lớp đất sét, nhập “lop 1” cho mục *Identification* và chọn *Mohr - Coulomb* như là *Material model* và *Drained* trong *Material type*..

- Nhập các đặc trưng của đất, như trong bảng 3.1, các hộp sắp xếp tương ứng của trình đơn *General and Parameters*.


- Kích vào mục *Interfaces*. Trong hộp *Strength*, chọn nút *Manual*. Nhập một giá trị 0.7 cho thông số R_{inter} .

- Kéo bộ dữ liệu “Lop 1” tới nhóm đất phía trên và để nó ở đó.

- Tiến hành tương tự đối với lớp 2, 3.


❖ Thiết lập thông số trong cửa sổ *Material sets*  từ *Beams* và kích vào nút <New>. Nhập “tuong cu” như một sự nhận dạng của bộ dữ liệu và nhập đặc trưng như thể hiện trong bảng 3.4. Kích vào nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *tuong cu* tới tường trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

❖ Thiết lập thông số *Set type* trong cửa sổ *Material sets*  tới *Anchors* và kích vào nút <New>. Nhập “thanh neo” như một sự xác minh của bộ dữ liệu và nhập các đặc trưng như trong bảng 3.5. Kích nút OK để đóng bộ dữ liệu.


- Kéo bộ dữ liệu *thanh neo* tới liên kết trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Đóng cửa sổ *Material sets*. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

• **Bước 6: Chia lưới phần tử**

- Kích vào nút *Generate mesh*  trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút *Update* để quay trở lại đầu vào hình dạng.


- Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Để làm mịn toàn bộ, có thể chọn mục tiếp theo từ hộp kết hợp (*Medium*) và kích vào nút <Generate>. Kích vào nút <Update> để quay trở lại.

• **Bước 7: Thiết lập những điều kiện về mực nước**

- Kích vào nút <*Initial conditions*>  trên thanh công cụ.

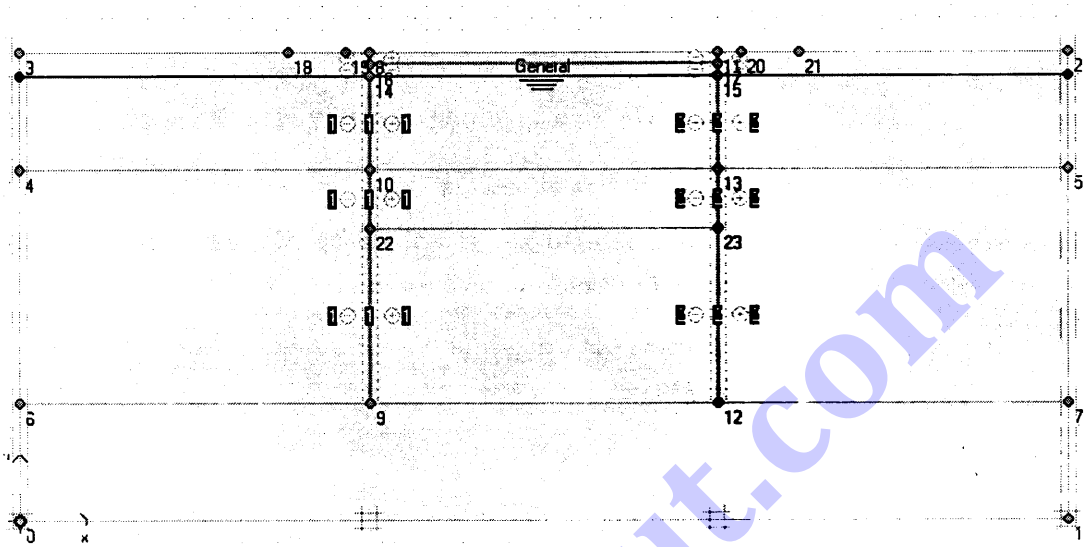
☑ Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng đơn vị thể tích nước, là 10 kN/m^3 . Kiểu *Groundwater conditions* sau đó sẽ hoạt động, trong đó, nút *Phreatic level* đã được lựa chọn. Bằng mặc định, mực nước ngầm *General* được sinh ra tại đáy của hình.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 38.0) và kích phím trái chuột: Di chuyển 90m tới điểm bên phải (90.0; 38.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ. Đồ thị bây giờ thể hiện một *General* mực nước ngầm 2.0m dưới mặt đất.

- Kích vào nút *Generate water generate*  (dấu cộng màu xanh) trên thanh công cụ. Bây giờ cửa sổ *Water pressure generation* xuất hiện.

- Từ cửa sổ *Water pressure generation*, chọn nút *Phreatic level* trong hộp *Generate* và kích vào nút OK.

- Sau sự xuất hiện của áp lực nước, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút Update để trở lại chế độ làm việc kiểu *Groundwater conditions*.



Hình 3.5: Hình dạng mẫu sau khi sinh áp lực nước

● ở chế độ *Geometry configuration* kích vào nút *switch* trên thanh công cụ.

- Kích vào nút *Generate initial stresses* $++$ trong thanh công cụ. Hộp thoại K_0 - *procedure* xuất hiện.

- Giữ trọng lượng tổng cộng của đất bằng 1,0. Chấp nhận giá trị mặc định cho K_0 và kích vào nút <OK>.

- Sau khi ứng suất tác dụng chính phát sinh, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ kiểu *Initial configuration*.

- Kích vào nút <Calculate>. Chọn <Yes> trong trả lời câu hỏi về lưu dữ liệu và nhập một tên tệp thích hợp.

3.2.3. Quá trình tính toán

Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán

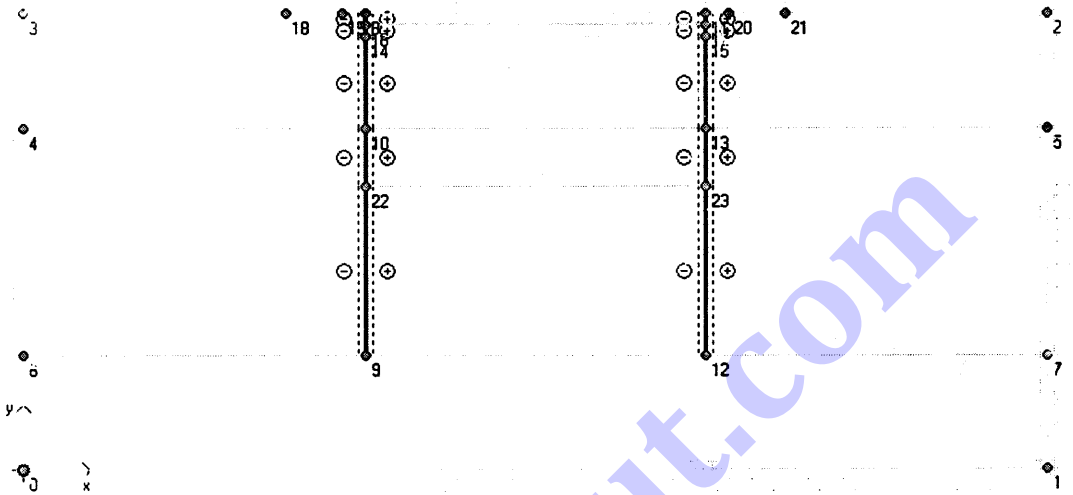
• Bước 8a: Giai đoạn 1

- Chọn giai đoạn tính toán đầu tiên và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.

- Trong trình đơn *Parameter*, giữ nguyên các giá trị mặc định cho *Control parameters* và *Iterative procedure*. Lựa chọn *Staged construction* từ hộp *Loading input*.

- Kích vào nút *Define*. Bây giờ, cửa sổ *Staged construction* xuất hiện.

- Làm ngừng hoạt động thanh neo liên kết. Kích vào nút <Update> để trở lại cửa sổ *Calculations*.

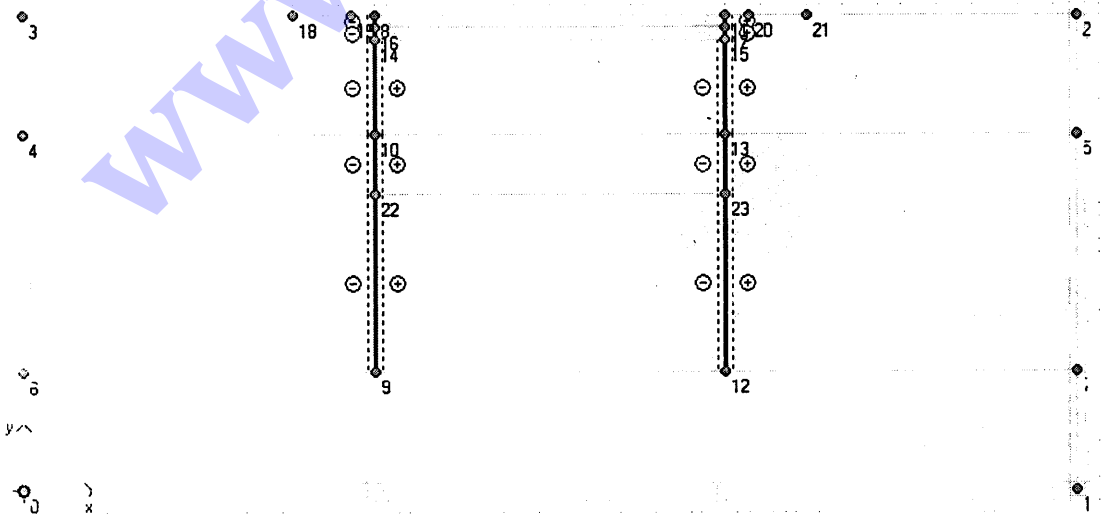


Hình 3.6: Mẫu hình học ở giai đoạn 1 (Phase 1)

• **Bước 8b: Giai đoạn 2**

- Trong cửa sổ *Calculation*, kích vào nút <Next>. Một giai đoạn tính toán mới xuất hiện trong danh sách ngay dưới Phase 1.

- Chọn giai đoạn tính toán thứ hai (Phase 2) và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.



Hình 3.7: Hình dạng mẫu ở giai đoạn 2 (Phase 2)

- Trong trình đơn *Parameter*, giữ nguyên các giá trị mặc định cho *Control parameters* và *Iterative procedure*. Lựa chọn *Staged construction* từ hộp *Loading input*.

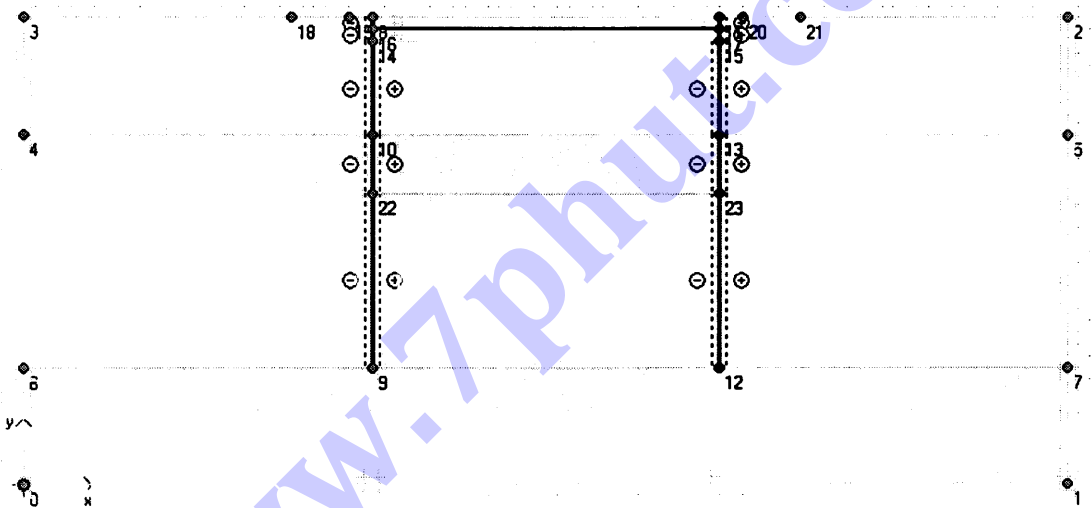
- Kích vào nút *Define*. Bây giờ, cửa sổ *Staged construction* xuất hiện.

- Làm ngừng hoạt động lớp đất trên cùng bên trong hố đào. Kích vào nút <Update> để trở lại cửa sổ *Calculations*.

• Bước 8c: Giai đoạn 3

- Nhập giai đoạn tính toán thứ ba, kích vào nút <Next> và tiến hành như trên. Kích vào nút *Define* để vào cửa sổ *Staged construction*. Bây giờ, làm hoạt động thanh neo liên kết bằng cách kích vào đường thẳng nằm ngang.

- Kích nút <Update> để quay trở lại chương trình tính toán và xác định giai đoạn tính toán tiếp theo.



Hình 3.8: Mẫu hình học ở giai đoạn 3

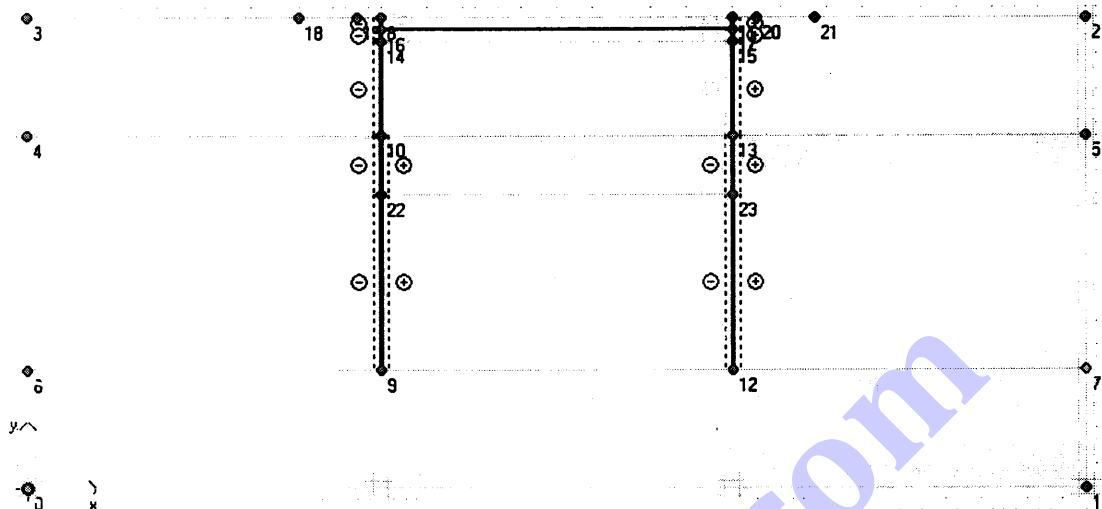
• Bước 8d: Giai đoạn 4

- Kích vào nút <Next> để nhập giai đoạn tính toán thứ tư và tiến hành như trên. Kích vào nút *Define* để vào cửa sổ *Staged construction*. Giữ tất cả các mặc định trong cửa sổ *Staged construction*. Làm ngừng hoạt động của lớp đất thứ hai bên trong hố đào. Kích nút <Update> để xác định bước tính toán cuối cùng.

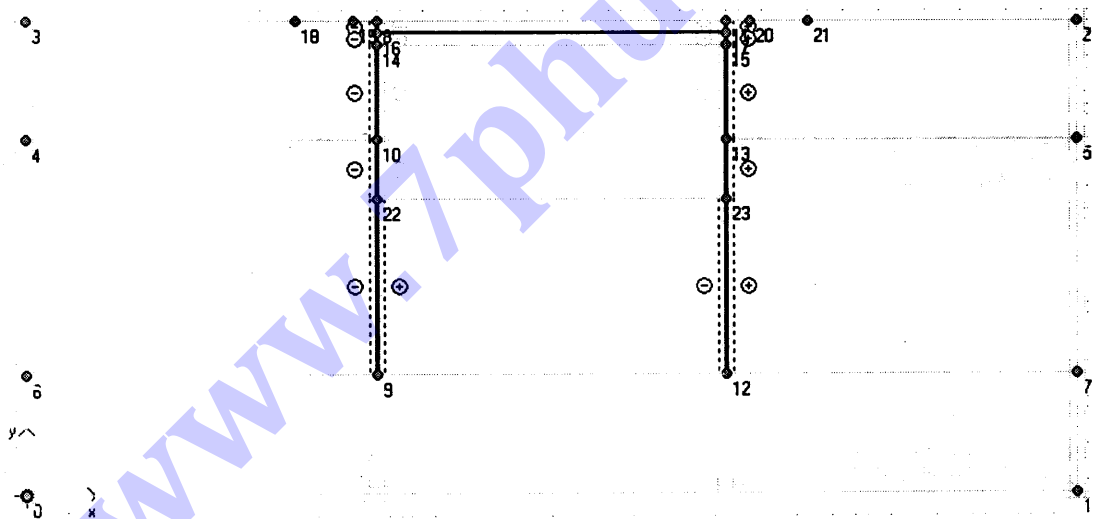
• Bước 8e: Giai đoạn 5

- Kích vào nút <Next> để nhập giai đoạn tính toán thứ năm và tiến hành như trên. Kích vào nút *Define* để vào cửa sổ *Staged construction*. Giữ tất cả các mặc định trong

cửa sổ *Staged construction*. Làm ngưng hoạt động của lớp đất thứ ba bên trong hố đào. Kích nút <Update> để trở lại cửa sổ *Calculations*.




Hình 3.9: Mẫu hình học ở giai đoạn 4

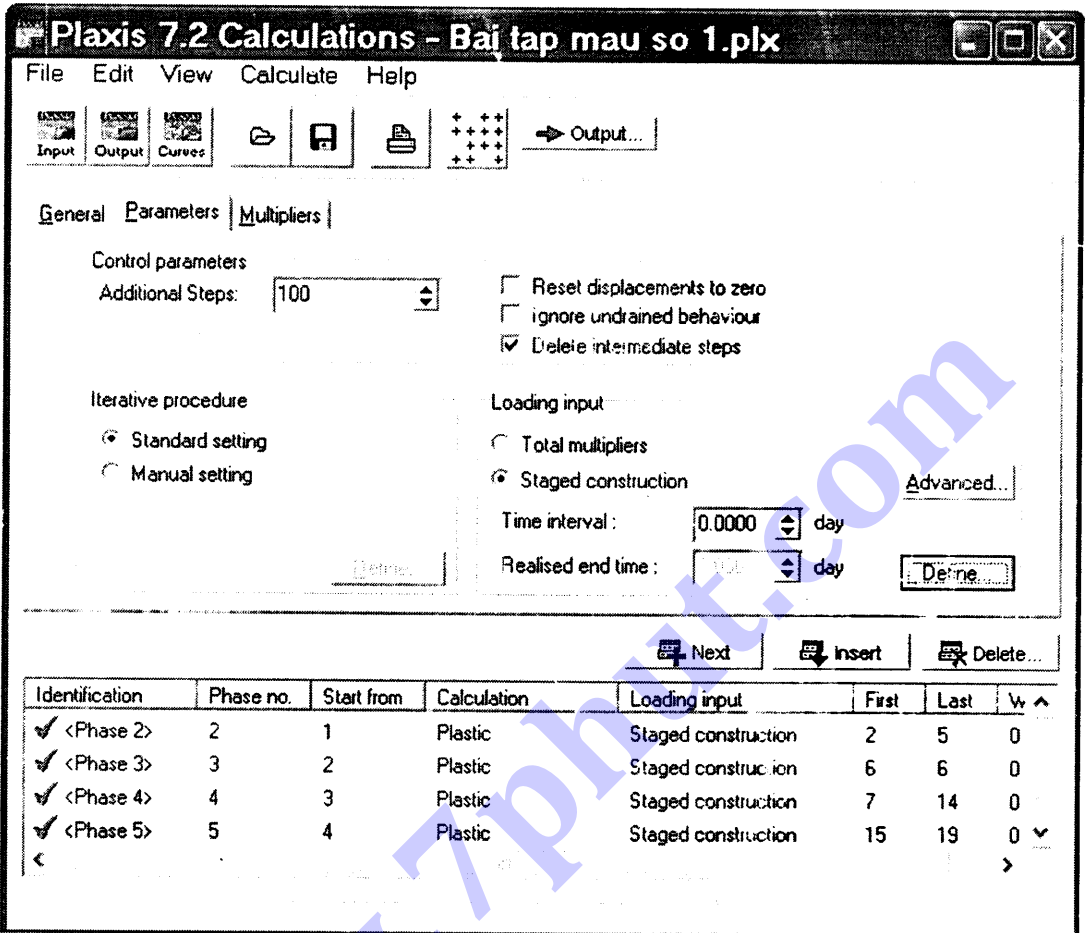


Hình 3.10: Mẫu hình học ở giai đoạn 5

• **Bước 9: Chọn điểm**

- Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.
- Chọn một vài nút trên tường tại các điểm mà độ võng lớn có thể xảy ra và kích vào nút <Update>.
- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.

Quá trình tính toán sẽ bắt đầu. Chương trình tính toán cho giai đoạn tính toán đầu tiên mà được chọn để biểu diễn, là giai đoạn 1.

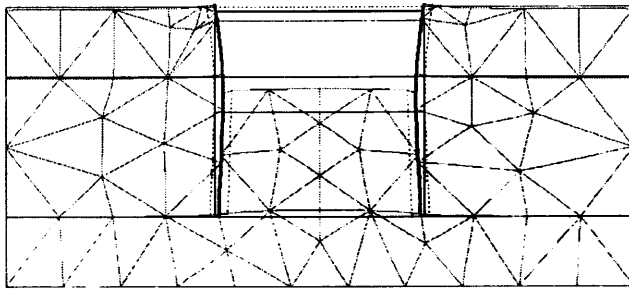


Hình 3.11: Cửa sổ Calculations với trình đơn Parameters

3.2.4. Xem và xuất kết quả

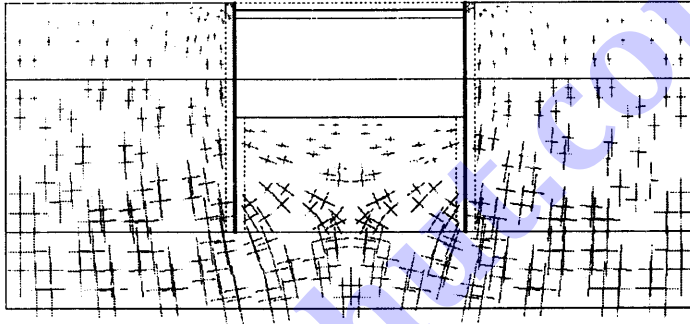
• **Bước 10: Xem nội lục, biến dạng, ứng suất của kết cấu hố đào của ụ**

- Kích vào giai đoạn tính toán cuối cùng trong cửa sổ *Calculations*.
- Kích vào nút *Output* trên thanh công cụ, (hình 3.12).
- Chọn *Total increments* từ thực đơn *Deformations*. Đồ thị thể hiện giá trị chuyển vị của tất cả các nút như hình các mũi tên.
- Hộp kết hợp biểu diễn trong thanh công cụ gọi là *Arrows*. Chọn *Shadings* từ hộp kết hợp. Bây giờ, biểu đồ thể hiện màu sắc của giá trị chuyển vị. Từ biểu đồ, một vùng biến dạng rất lớn xuất hiện phía sau tường.



Hình 3.12: Lưới biến dạng ở giai đoạn tính toán cuối

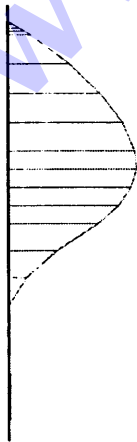
- Chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stresses*. Đồ thị thể hiện độ lớn và chiều của ứng suất tác dụng chính, (xem hình 3.13).



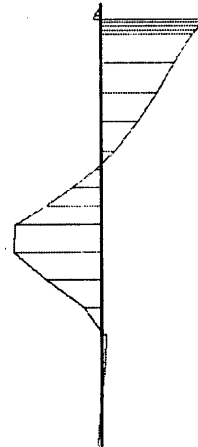
Hình 3.13: Ứng suất chính

Để vẽ biểu đồ lực gây biến dạng và mômen uốn trong tường theo các bước sau:

- Kích đúp chuột vào tường. Một cửa sổ mới được mở thể hiện mômen uốn trong tường, với một sự biểu thị giá trị lớn nhất của mômen, (xem hình 3.14).




Hình 3.14: Biểu đồ mô men uốn trong tường

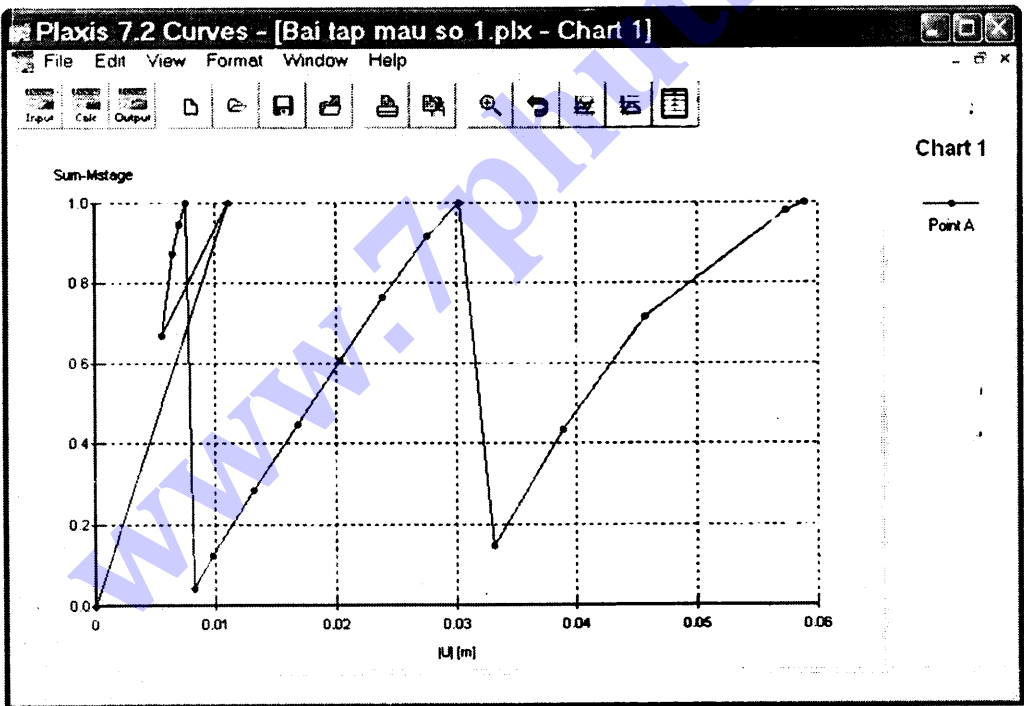


Hình 3.15: Biểu đồ lực cắt trong tường

- Chọn *Shear forces* từ thực đơn *Forces*. Biểu đồ thể hiện biến dạng của tường.
- Chọn cửa sổ đầu tiên (thể hiện ứng suất tác dụng trong hình dạng đầy đủ) từ thực đơn *Window*. Kích đúp chuột vào thanh liên kết, một cửa sổ mới sẽ được mở thể hiện lực liên kết (kN/m).


• **Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ**

- Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.
- Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hồ đào từ tệp tin yêu cầu.
- Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A (ví dụ 30 0; 30.0) và từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu U. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp \sum Mstage.
- Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng. Kết quả được thể hiện trong hình 3.16.




Hình 3.16: Đường cong biến đổi tải trọng của tường

• **Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất**

- Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.


Bảng 3.6: Một phần giá trị chuyển vị của bài toán

Node	X [m]	Y [m]	U _x [10 ⁻³ m]	U _y [10 ⁻³ m]	ΔU _x [10 ⁻³ m]	ΔU _y [10 ⁻³ m]
1	7.667	40.000	7.863	-18.989	0.728	-0.947
2	13.417	40.000	12.225	-17.585	1.225	-1.081
3	11.500	40.000	11.004	-17.989	1.062	-0.925
4	9.583	40.000	9.622	-18.442	0.894	-0.912
5	11.458	37.500	11.450	-16.847	0.946	-0.787
6	9.542	37.500	9.886	-17.074	0.856	-0.724
7	9.500	35.000	10.280	-15.871	0.668	-0.643
8	11.333	32.500	13.119	-14.195	0.552	-0.675
9	13.208	32.500	15.285	-13.847	0.619	-0.766
10	13.292	35.000	13.990	-15.335	0.807	-0.836
11	9.458	32.500	10.972	-14.408	0.476	-0.594
12	11.417	35.000	12.151	-15.680	0.733	-0.742
13	13.375	37.500	12.993	-16.425	1.055	-0.876
14	15.250	37.500	14.312	-16.105	1.125	-1.084

- Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ **Effective stresses**. Một bảng giá trị ứng suất sẽ xuất hiện.

Bảng 3.7: Một phần giá trị ứng suất nền đất của bài toán

Cluster	Soil Element	Stress Point	X [m]	Y [m]	σ' _{xx} [kN/m ²]	σ' _{yy} [kN/m ²]	σ' _{xy} [kN/m ²]	σ' _{zz} [kN/m ²]	Status	
1	Lop 3	1	89.527	1.262	-192.418	-377.658	-0.381	-194.466	Elastic	
		2	89.527	9.369	-142.564	-310.345	-0.274	-154.892	Elastic	
		3	83.446	9.369	-141.939	-309.479	-3.866	-154.445	Elastic	
		4	88.130	4.986	-168.656	-346.900	-1.326	-176.078	Elastic	
		5	88.130	7.507	-153.383	-325.907	-1.189	-163.822	Elastic	
		6	86.239	7.507	-153.224	-325.684	-2.399	-163.708	Elastic	
		7	89.601	3.635	-177.143	-358.147	-0.297	-182.735	Elastic	
		8	89.601	6.896	-157.071	-331.077	-0.261	-166.813	Elastic	
		9	87.672	9.469	-141.912	-309.409	-1.344	-154.362	Elastic	
		10	85.226	9.469	-141.653	-309.061	-2.779	-154.179	Elastic	
		11	85.226	6.896	-156.740	-330.594	-3.136	-166.569	Elastic	
		12	87.672	3.635	-177.073	-358.028	-1.738	-182.679	Elastic	
	2	Lop 3	13	74.282	1.262	-189.098	-371.230	-13.329	-191.542	Elastic
			14	81.468	9.369	-141.549	-308.829	5.089	-154.133	Elastic
			15	75.387	9.369	-140.083	-305.181	-9.042	-152.598	Elastic

- Muốn xem giá trị của nội lực ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Bending Moment*. Một bảng giá trị nội lực sẽ xuất hiện.

Bảng 3.8: Một phần giá trị nội lực của bài toán

Beam	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]
1	1 tuong cu	260	30.000	40.000	0.044	0.476	0.000	N/A	N/A
		259	30.000	39.750	-2.786	-3.186	-0.315	N/A	N/A
		258	30.000	39.500	-5.737	-7.786	-1.674	N/A	N/A
		257	30.000	39.250	-8.800	-13.147	-4.272	N/A	N/A
		256	30.000	39.000	-11.963	-19.091	-8.293	N/A	N/A
	2 tuong cu	256	30.000	39.000	-11.956	228.048	-8.293	N/A	N/A
		194	30.000	38.750	-15.193	222.106	47.966	N/A	N/A
		193	30.000	38.500	-18.503	216.065	102.751	N/A	N/A
		192	30.000	38.250	-21.883	209.945	156.017	N/A	N/A
		191	30.000	38.000	-25.329	203.761	207.719	N/A	N/A
	3 tuong cu	191	30.000	38.000	-25.040	200.891	207.719	N/A	N/A
		170	30.000	36.000	-54.873	161.716	568.914	N/A	N/A
		169	30.000	34.000	-86.870	124.186	856.362	N/A	N/A
		168	30.000	32.000	-120.722	82.098	1062.736	N/A	N/A
		167	30.000	30.000	-156.122	29.252	1176.903	N/A	N/A
	4 tuong cu	167	30.000	30.000	-156.629	30.302	1176.903	N/A	N/A
156		30.000	28.750	-181.018	-13.404	1188.214	N/A	N/A	

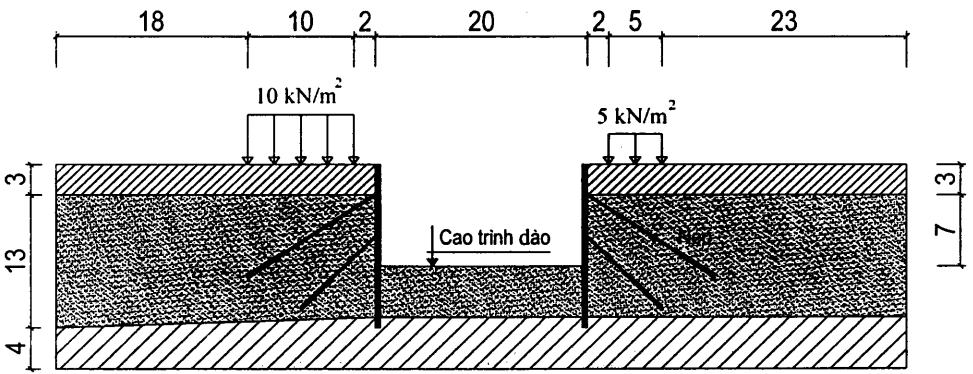
3.3. BÀI TOÁN KẾT CẤU HỒ ĐÀO KHÔ SỬ DỤNG TƯỜNG CHẮN CÓ GIẺNG NEO PHỤC VỤ THI CÔNG CẦU CHUI, TẦNG HẦM

3.3.1. Đề bài

- Hồ đào có các kích thước sau: $b = 20\text{m}$; $h = 10\text{m}$.

- Tường chắn bằng bê tông dài 15m và dày 0,35m được sử dụng để chắn đất xung quanh. Tại mỗi tường chắn sử dụng 2 hàng cọc neo nhằm chống đỡ cho chúng. Chiều dài tổng cộng của tầng neo trên là 14,5m và nghiêng $33,7^\circ$ (2:3). Tầng neo phía dưới dài 10m, nghiêng 45° . Tải trọng phân bố bề mặt phía trái là 10kN/m^2 và phía bên phải là 5kN/m^2 .

- Đất bao gồm 3 lớp khác biệt. Từ mặt đất xuống sâu 3 m, lớp tiếp theo dày 15m. Dưới cùng là lớp sét pha giả định có chiều dày vô cùng. Đặc trưng cơ lý được thể hiện trong các bảng sau.



Hình 3.17: Hồ đào được chống đỡ bởi hệ thống tường giằng

Bảng 3.9: Các đặc tính của đất 1

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M-C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị của đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	16	kN/m ³
Khối lượng đơn vị của đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	18	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,1	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,1	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	13000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,32	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	2,2	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	25	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,5	-

Bảng 3.10: Các đặc tính của đất 2

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Mẫu vật liệu	Model	M-C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị của đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	16	kN/m ³
Khối lượng đơn vị của đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	17,8	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,5	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,5	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	30000	kN/m ²

1	2	3	4
Hệ số Poisson	ν	0,30	-
Lực dính (không đối)	c_{ref}	0,01	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	30	°
Góc trương nở	ψ	4,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,70	-

Bảng 3.11: Các đặc tính của đất 3

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M-C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị của đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	17,2	kN/m ³
Khối lượng đơn vị của đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	20	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,01	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,01	m/s
Môđun đàn hồi (không đối)	E_{ref}	10000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,35	-
Lực dính (không đối)	c_{ref}	4,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	25	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,67	-

- Tường chắn và các thanh neo có những đặc trưng vật liệu sau:

Bảng 3.12: Các đặc tính của tường chắn

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	Material type	Elastic	
Độ cứng khi nén	EA	12.10 ⁶	kN/m
Độ cứng khi uốn	EI	0,12.10 ⁶	kNm ² /m
Bề dày tương đương	d	0,346	m
Trọng lượng	W	8,3	kN/m/m
Hệ số Poisson	ν	0,15	-

Bảng 3.13: Các thuộc tính của thanh neo (các đoạn neo)

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	Material type	Elastic	
Độ cứng khi nén	EA	2.10 ⁵	kN
Khoảng cách ngoài của mặt phẳng	L_s	2,5	m
Lực lớn nhất	$F_{max.comp}$	1.10 ¹⁵	kN

Bảng 3.14: Các thuộc tính của đầu thanh neo (*Geotextiles*)

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Độ cứng khi nén	EA	1.10^5	kN/m

3.3.2. Thiết lập mô hình bài toán

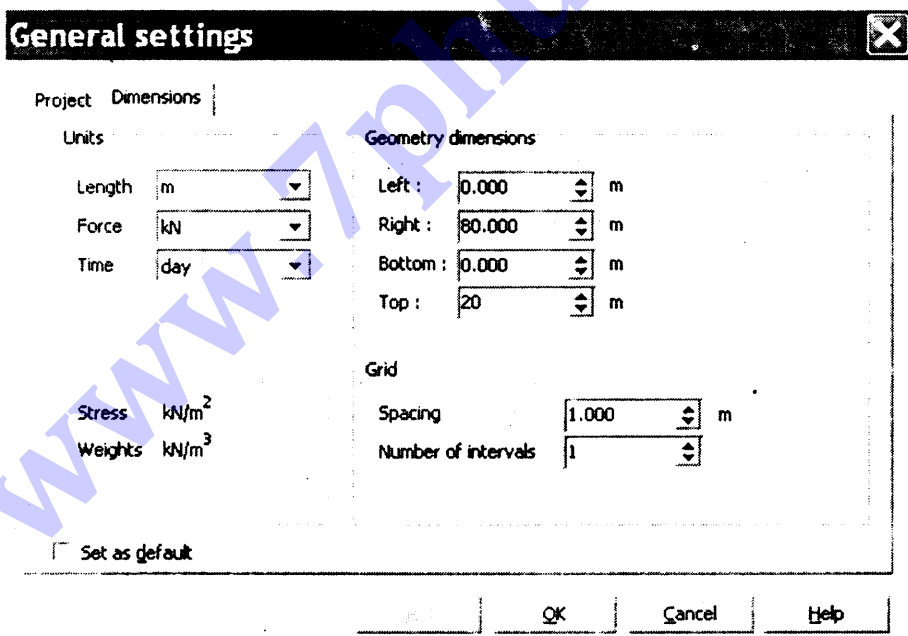
• Bước 1: Thiết lập tổng thể

- Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn New project từ hộp thoại *Create/Open project*.

- Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 2) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với *Plane strain* và rằng *Elements* được thiết lập với 15-node.

- Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = day) và nhập kích thước ngang (Left, Right) theo thứ tự là 0.0 và 80.0; kích thước dọc (Bottom, Top) là 0.0 và 20.0. Giữ mặc định giá trị cho lưới khoảng cách (Spacing = 1m; bước nhảy của khoảng cách Interval = 1)

- Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.



Hình 3.18: Hộp thoại *General settings*


• Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng và kết cấu

- Đường bao hình dạng: Chọn nút <Geometry line> từ thanh công cụ (điều này, trên thực tế đã được lựa chọn cho một bài toán mới). Di chuyển con trỏ từ góc (0.0; 0.0)


và kích phím trái chuột. Di chuyển 80m tới điểm bên phải (80.0; 0.0) và kích lại một lần nữa. Di chuyển 80m lên điểm (80.0; 20.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 80m tới điểm bên trái (0.0; 20.0) và kích chuột lại một lần nữa. Cuối cùng, di chuyển con trỏ về gốc toạ độ và kích chuột lại lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Sự ngăn cách giữa hai lớp đất: Nút <Geometry line> vẫn được lựa chọn. Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 17.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển 80m tới điểm bên phải (80.0; 17.0) và kích vào đường thẳng đứng hiện có khác. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 4.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển 30m tới điểm bên phải (30.0; 5.0) và kích chuột trái. Di chuyển tới điểm bên phải (80.0; 5.0) và lại kích chuột trái một lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Tường chắn: Chọn nút <Beam>  từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ tới vị trí (30.0; 20.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 16m xuống (30.0; 4.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Nút <Beam> vẫn được lựa chọn. Di chuyển con trỏ tới vị trí (50.0; 20.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích chuột. Di chuyển 16m xuống (50.0; 4.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Sự ngăn cách của các tầng hồ đào: Chọn nút <Geometry line>  một lần nữa. Di chuyển con trỏ tới vị trí (30.0; 13.0) tại tường và kích. Di chuyển con trỏ 20m tới điểm bên phải (50.0; 13.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ lớp hồ đào đầu tiên. Bây giờ, di chuyển con trỏ tới vị trí (30.0; 10.0) và kích chuột. Di chuyển tới (50.0; 10.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ tầng hồ đào.

- Bề mặt: Kích vào nút *Interface*  trên thanh công cụ hay chọn biểu tượng *Interface* từ thực đơn *Geometry*. Con trỏ sẽ biến thành hình dấu + với một mũi tên nằm ở các góc phân tư.

- Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (30.0; 20.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (30.0; 4.0) và kích chuột lần nữa. Di chuyển về điểm (30.0; 20.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (50.0; 20.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (50.0; 4.0) và kích chuột lần nữa. Di chuyển về điểm (50.0; 20.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Thanh liên kết: Kích vào nút *Node - to - node anchor*  trên thanh công cụ hay chọn mục *Node - to - node anchor* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ tới một vị trí (30.0; 17.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên trái tới điểm (21.0; 11.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới một vị trí (30.0; 13.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên trái tới điểm (26.0; 9.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới một vị trí (50.0; 17.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên trái tới điểm (59.0; 11.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới một vị trí (50.0; 13.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên trái tới điểm (54.0; 9.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Geogrid: Kích vào nút *<Geogrid>*  trên thanh công cụ hay chọn mục *Geogrid* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ tới một vị trí (21.0; 11.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên trái tới điểm (18.0; 9.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

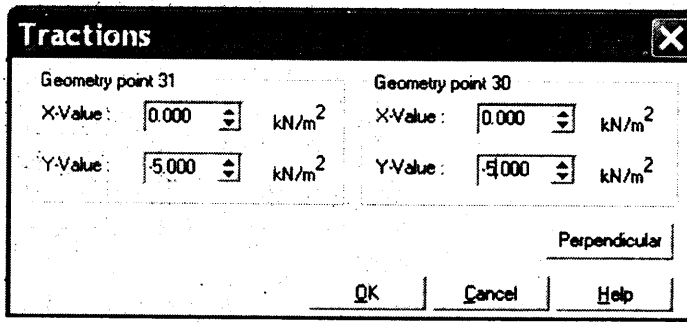
- Di chuyển con trỏ tới một vị trí (26.0; 9.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên trái tới điểm (23.0; 6.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới một vị trí (59.0; 11.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên phải tới điểm (62.0; 9.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới một vị trí (54.0; 9.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển về bên phải tới điểm (57.0; 6.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

• Bước 3: Khai báo tải trọng

- Kích vào *Tractions - load system A*  . Di chuyển con trỏ tới (18.0; 20.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 10m tới điểm (28.0; 20.0) và kích lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -10kN/m^2 .

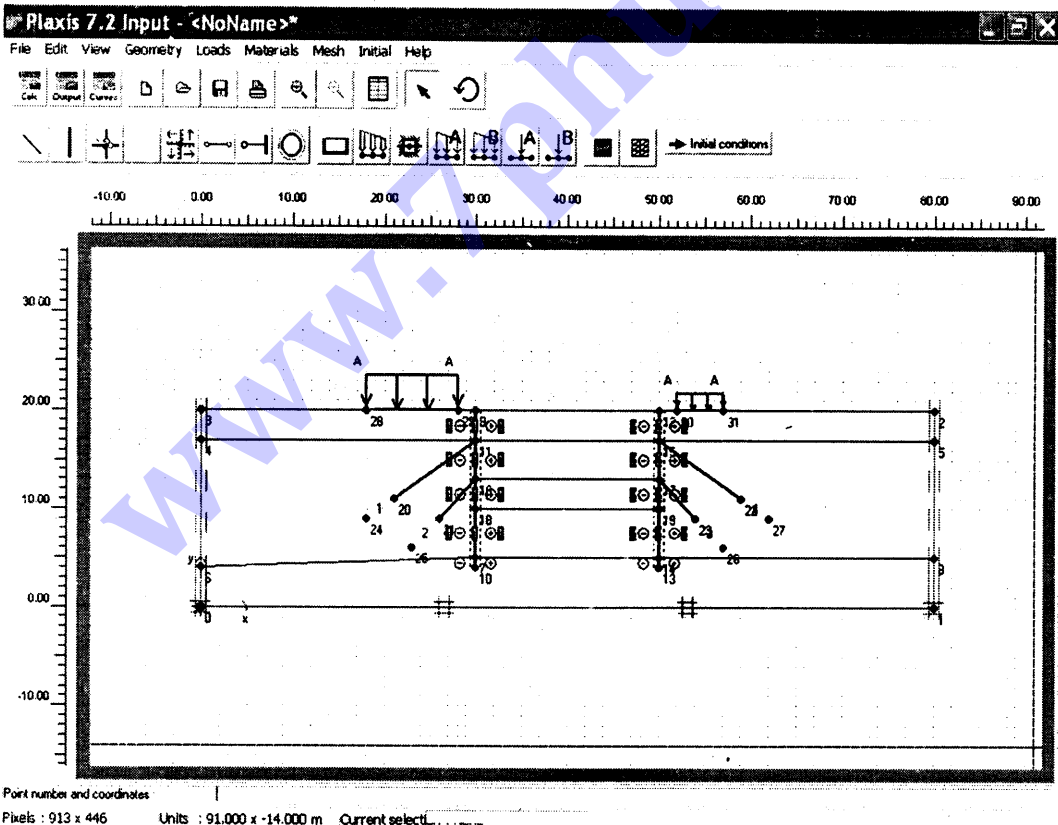


Hình 3.19: Hộp thoại Traction (System A)

- Di chuyển con trỏ tới (52.0; 20.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 5m tới điểm (57.0; 20.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Traction (System A)*. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -5kN/m^2 .


• **Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn**

- Để tạo các điều kiện giới hạn, kích vào nút *Standard fixities* trên thanh công cụ. Hình dạng mẫu được thể hiện trong hình 3.20.



Hình 3.20: Hình dạng mẫu trong cửa sổ đầu vào

• Bước 5: Khai báo các đặc trưng của vật liệu

❖ Kích vào nút *Material sets*  trên thanh công cụ. Chọn *Soil & interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.


- Đại diện cho lớp đất sét, nhập “lop 1” cho mục *Identification* và chọn *Mohr - Coulomb* như là *Material model* và chọn *Drained* trong hộp *Material type*.

- Nhập các đặc trưng của đất, như trong bảng 3.9, các hộp sắp xếp tương ứng của trình đơn *General and Parameters*.


- Kích vào mục *Interfaces*. Trong hộp *Strength*, chọn nút *Manual*. Nhập một giá trị 0.5 cho thông số R_{inter} .

- Kéo bộ dữ liệu “lop 1” tới nhóm đất phía trên cùng và để nó ở đó.


Tiến hành tương tự với các lớp đất sau.

❖ Thiết lập thông số trong cửa sổ *Material sets*  từ *Beams* và kích vào nút <New>. Nhập “tuong cu” như một sự nhận dạng của bộ dữ liệu và nhập đặc trưng như thể hiện trong bảng 3.12. Kích vào nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *tuong cu* tới tường trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

❖ Thiết lập thông số *Set type* trong cửa sổ *Material sets*  tới *Anchors* và kích vào nút <New>. Nhập “neo” như một sự xác minh của bộ dữ liệu và nhập các đặc trưng như trong bảng 3.13. Kích nút OK để đóng bộ dữ liệu.

Kéo bộ dữ liệu *thanh neo* tới liên kết trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Đóng cửa sổ *Material sets*. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

❖ Thiết lập thông số *Set type* trong cửa sổ *Material sets*  tới *Geotextiles* và kích vào nút <New>. Nhập “giang” như một sự xác minh của bộ dữ liệu và nhập các đặc trưng như trong bảng 3.14. Kích nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *giang* tới liên kết trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Đóng cửa sổ *Material sets*. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

• Bước 6: Chia lưới phân tử

- Kích vào nút *Generate mesh* trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút *Update* để quay trở lại đầu vào hình dạng.

- Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Để làm mịn toàn bộ, có thể chọn mục tiếp theo từ hộp kết hợp (*Medium*) và kích vào nút *Generate*. Kích vào nút *Update* để quay trở lại.

• **Bước 7: Thiết lập các điều kiện về mực nước**

- Kích vào nút Initial conditions → Initial conditions trên thanh công cụ.

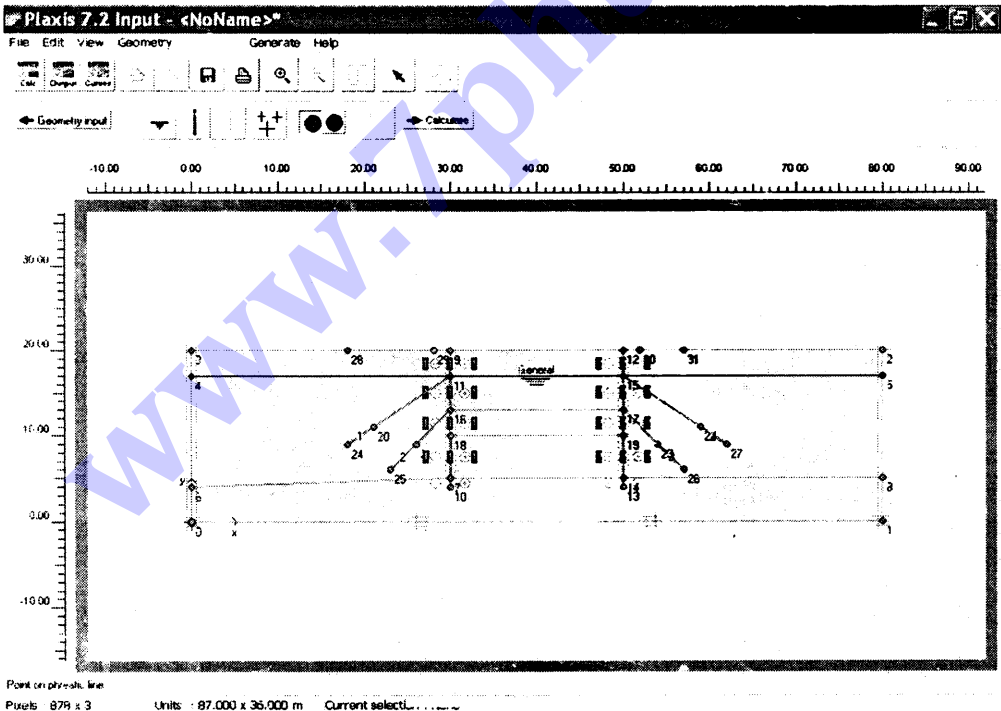
Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng đơn vị thể tích nước, là 10 kN/m^3 . Kiểu *Groundwater conditions* sau đó sẽ hoạt động, trong đó, nút *Phreatic level* đã được lựa chọn. Bằng mặc định, mực nước ngầm *General* được sinh ra tại đáy của hình.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 17.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 80m tới điểm bên phải (80.0; 17.0) và kích lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ. Đồ thị bây giờ thể hiện một *General* mực nước ngầm 3.0m dưới mặt đất.

- Kích vào nút *Generate water generate* ++ (dấu cộng màu xanh) trên thanh công cụ. Bây giờ cửa sổ *Water pressure generation* xuất hiện.

- Từ cửa sổ *Water pressure generation*, chọn nút *Phreatic level* trong hộp *Generate* và kích vào nút OK.

- Sau sự xuất hiện của áp lực nước, kết quả được hiển thị trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút Update để trở lại chế độ làm việc kiểu *Groundwater conditions*.



Hình 3.21: Hình dạng mẫu sau khi sinh áp lực nước

ở chế độ *Geometry configuration* kích vào nút *Switch* trên thanh công cụ.

- Kích vào nút *Generate initial stresses* $++$ trong thanh công cụ. Hộp thoại K_0 - *procedure* xuất hiện.

- Giữ trọng lượng tổng cộng của đất bằng 1,0. Chấp nhận giá trị mặc định cho K_0 và kích vào nút <OK>.

- Sau khi ứng suất tác dụng chính phát sinh, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ kiểu *Initial configuration*.

- Kích vào nút <Calculate> Chọn <Yes> trong trả lời câu hỏi về lưu dữ liệu và nhập một tên tệp thích hợp.

3.3.3. Quá trình tính toán

• *Bước 8: Thiết lập các giai đoạn tính toán*

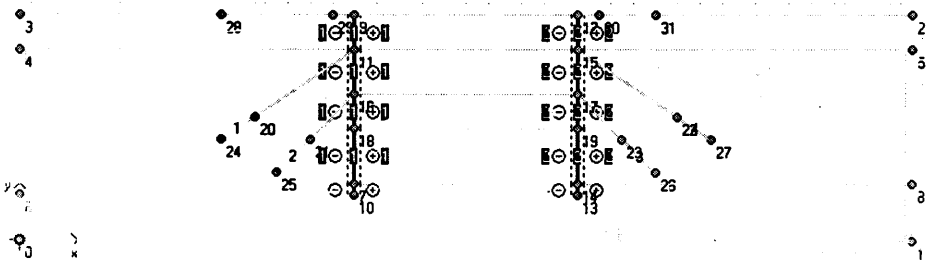
Sự tính toán bao gồm 5 giai đoạn:

- Giai đoạn đầu tiên: Tường chắn được xây dựng và tải trọng bề mặt hoạt động.
- Giai đoạn thứ hai: Tiến hành đào 3m hố đào, tuy nhiên vẫn chưa sử dụng đến hệ neo. Hố đào vẫn khô.
- Giai đoạn thứ ba: Lắp đặt tầng neo trên và tiến hành ứng suất trước.
- Giai đoạn thứ tư: Đẩy mạnh đào thêm 7m, bao gồm cả việc tiêu nước cho hố đào. Phân tích dòng nước ngầm trong đất và tính toán áp lực nước lỗ rỗng phân bố phát sinh, một phần đã được xác định trong giai đoạn thứ 3.
- Giai đoạn thứ năm: Lắp đặt tầng neo thứ 2 và tiến hành ứng suất trước; tiếp theo là đào thêm 10m tới độ sâu thiết kế (tiến hành tiêu nước).

Để thêm các giai đoạn tính toán, ta kích chuột phải vào nút <Next> trên cửa sổ *Calculations*.

• *Bước 8a: Giai đoạn thứ nhất*

- Chọn giai đoạn tính toán đầu tiên và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.



Hình 3.22: Giai đoạn tính toán 1

- Kích vào nút *Define*. Bây giờ, cửa sổ *Staged construction* xuất hiện.

- Làm ngừng hoạt động các thanh neo liên kết và giằng neo. Kích vào nút <Update> để trở lại cửa sổ *Calculations*.

• **Bước 8b: Giai đoạn thứ hai**

- Trong cửa sổ *Calculation*, kích vào nút <Next>. Một giai đoạn tính toán mới xuất hiện trong danh sách ngay dưới Phase 1.

- Chọn giai đoạn tính toán thứ hai (Phase 2) và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.

- Trong trình đơn *Parameter*, giữ nguyên các giá trị mặc định cho *Control parameters* và *Iterative procedure*. Lựa chọn *Staged construction* từ hộp *Loading input*.

- Kích vào nút *Define*. Bây giờ, cửa sổ *Staged construction* xuất hiện.

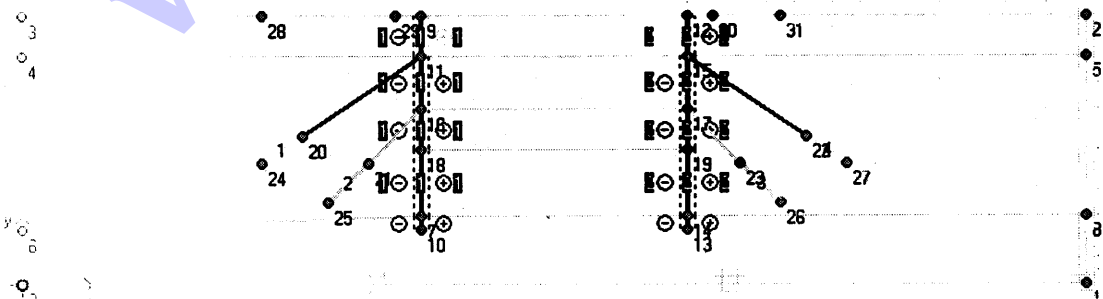
- Làm ngừng hoạt động 3m lớp đất trên cùng bên trong hố đào. Kích vào nút <Update> để trở lại cửa sổ *Calculations*.



Hình 3.23: Giai đoạn tính toán 2

• **Bước 8c: Giai đoạn thứ ba**

- Nhập giai đoạn tính toán thứ ba, kích vào nút <Next> và tiến hành như trên. Kích vào nút *Define* để vào cửa sổ *Staged construction*.



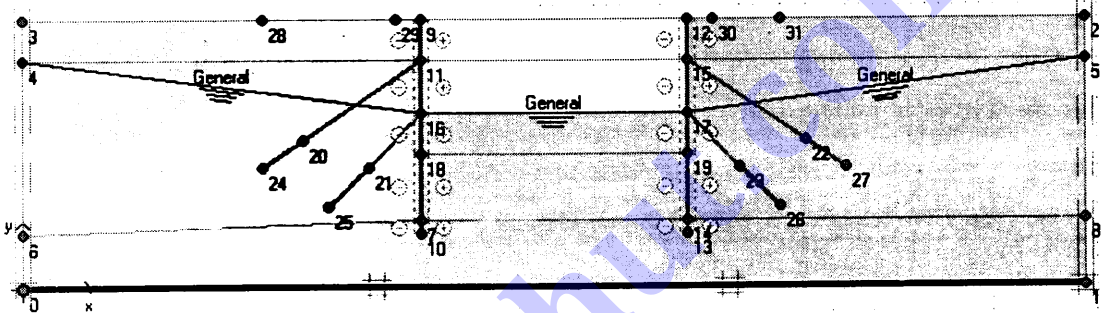
Hình 3.24: Giai đoạn tính toán 3

- Bây giờ, kích vào các đoạn neo và giằng neo tầng trên để làm hoạt động. Sau đó kích đúp vào các đoạn neo tầng trên. Một cửa sổ thuộc tính của các đoạn neo xuất hiện cùng với các tùy chọn. Chọn hộp *Adjust prestress* và nhập lực 120 kN/m. Ấn <OK> và đóng cửa sổ.

- Kích nút <Update> để quay trở lại chương trình tính toán và xác định giai đoạn tính toán tiếp theo.

• **Bước 8d: Giai đoạn thứ 4**

- Kích vào nút <Next> để nhập giai đoạn tính toán thứ tư và tiến hành như trên. Kích vào nút *Define* để vào cửa sổ *Staged construction*. Giữ tất cả các mặc định trong cửa sổ *Staged construction*. Làm ngưng hoạt động của lớp đất thứ hai bên trong hố đào.



Hình 3.25: Giai đoạn tính toán 4

Để thiết lập chính xác điều kiện biên, hãy thực hiện theo các bước sau:

- Kích vào “Switch” để làm việc với các chế độ áp lực nước.
- Chọn nút *Closed flow boundary* (đường thẳng tô màu đen) từ thanh công cụ. Kích vào điểm (0.0; 0.0) . Di chuyển 80m tới vị trí điểm (80.0; 0.0) và kích chuột trái. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ.
- Kích vào nút *Selection*.
- Kích vào nút *General phreatic level* để vẽ mực nước ngầm mới. Bắt đầu tại điểm (0.0; 17.0) và vẽ qua các điểm tiếp theo (30.0,13.0); (50.0,13.0) và kết thúc tại điểm (80.0; 17.0).
- Kích vào nút *Generate water pressures*. Chọn *Phreatic line* từ hộp thoại *Generate* và kích <OK> để bắt đầu tính toán dòng nước ngầm.
- Kết thúc tính toán với dòng nước ngầm, bấm <OK> trong cửa sổ tính toán. Cửa sổ đóng và các đường thể hiện thông lượng dòng chảy xuất hiện trong cửa sổ *Output*.
- Kích nút <Update> để trở lại các mẫu về cấp công trình.

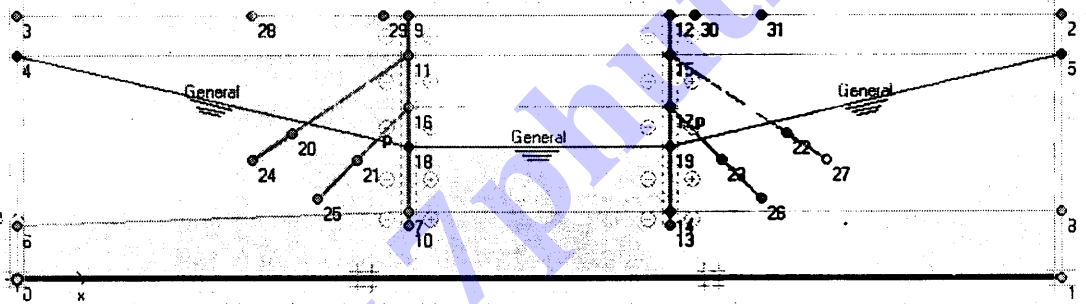
• Bước 8e: Giai đoạn 5

- Kích vào nút <Next> để nhập giai đoạn tính toán thứ năm và tiến hành như trên. Kích vào nút *Define* để vào cửa sổ *Staged construction*. Giữ tất cả các mặc định trong cửa sổ *Staged construction*. Làm ngưng hoạt động của lớp đất thứ ba bên trong hố đào.

Bây giờ, kích vào các đoạn neo và giằng neo tầng dưới để làm hoạt động. Sau đó kích đúp vào các đoạn neo dưới. Trong cửa sổ *Anchor*, chọn *Adjust pre-stress force* và nhập ứng lực trước 250 kN/m. Bấm <OK> để đóng cửa sổ trên.


- Vẽ một đường mực nước ngầm tổng quát “*General phreatic level*” từ điểm (0.0; 17.0) qua các điểm (30.0; 10.0); (50.0,10.0) và (80.0; 17.0). Kích vào nút *Generate water pressure* và chọn *Phreatic line* từ hộp *Generate box* và kích <OK> để bắt đầu tính toán đối với dòng chảy ngầm.

- Sau khi kết thúc quá trình tính toán dòng nước ngầm, kích <OK> trong cửa sổ tính toán. Kích nút <Update> để trở lại cửa sổ *Calculations*.



Hình 3.26: Giai đoạn thứ 5

• Bước 9: Chọn điểm

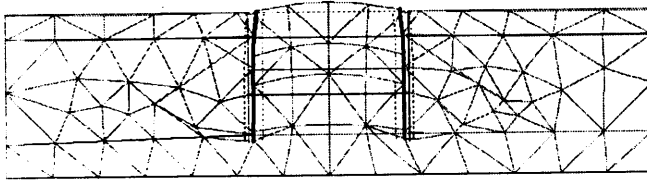
- Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.
- Chọn một vài nút trên tường tại các điểm mà độ võng lớn có thể xảy ra và kích vào nút <Update>.

- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.

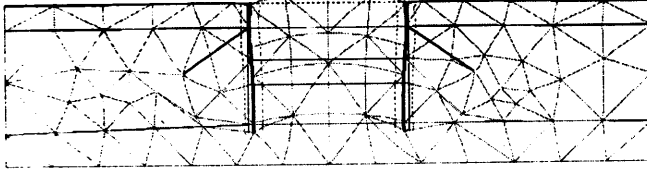
3.3.4. Xem và xuất kết quả

• Bước 10: Xem nội lực biến dạng ứng suất của kết cấu

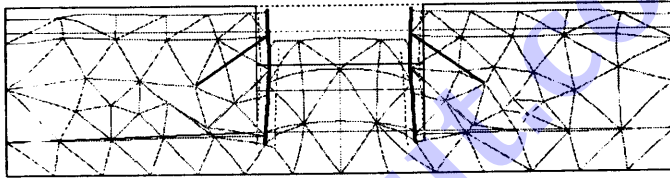
- Từ đồ thị 3.27a tới 3.27e chỉ ra lưới biến dạng sau khi kết thúc tính toán từ giai đoạn 2 tới 5. Đằng sau tường chắn có một khe lún nhỏ.



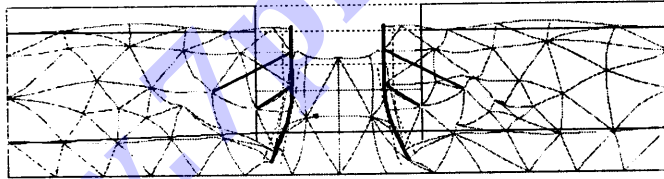
a) Giai đoạn 2



b) Giai đoạn 3



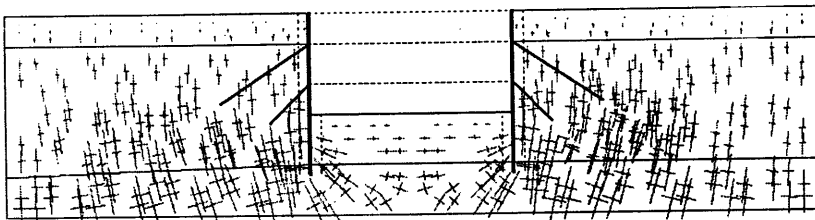
c) Giai đoạn 4



d) Kết thúc

Hình 3.27: Lưới biến dạng


Lựa chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stressess*, nó có thể được thấy rằng sự dịch chuyển của dè gây ra một trạng thái ứng suất bị động trong lớp đất trên sau dè.



Hình 3.28: Ứng suất thực tế giai đoạn kết thúc

Kích đúp chuột vào tường. Một cửa sổ mới được mở thể hiện mômen uốn trong tường, với một sự biểu thị giá trị lớn nhất của mômen (xem hình 3.29).

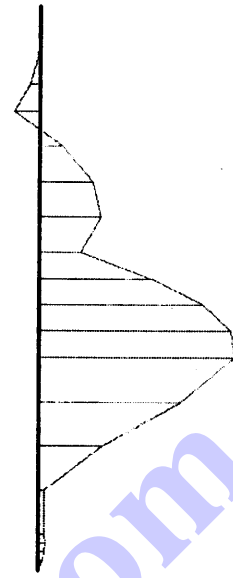
• **Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ**

Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.

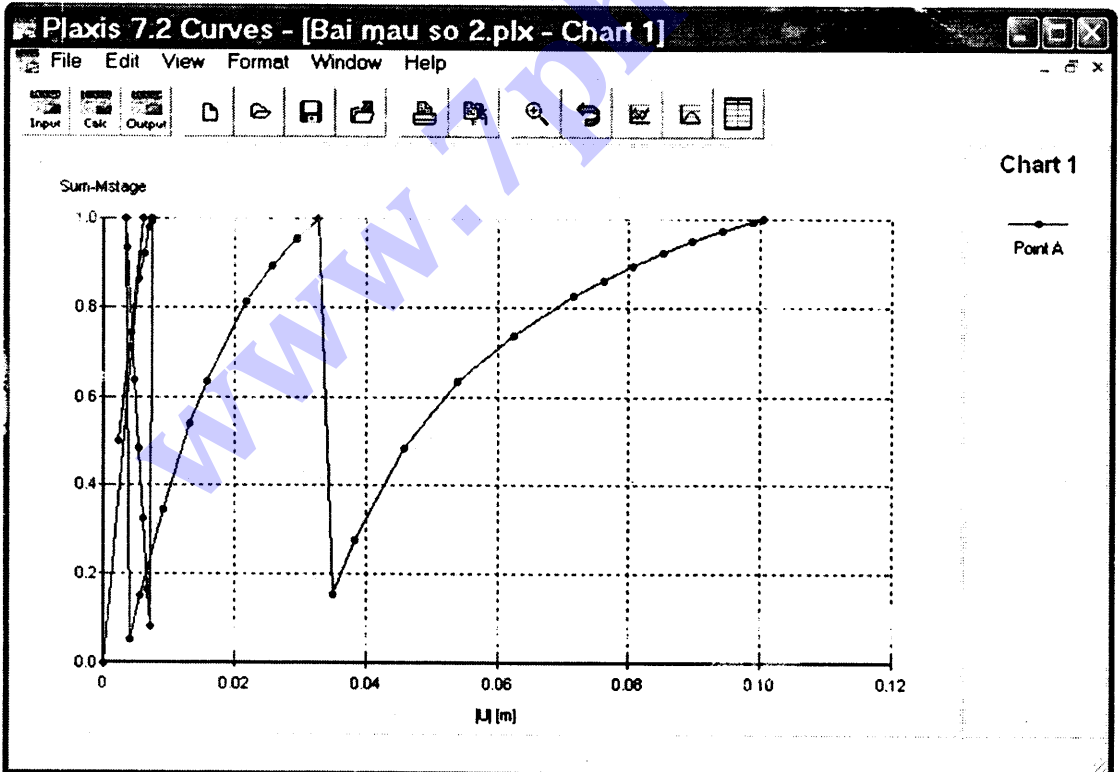
Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hồ đào từ tệp tin yêu cầu.

Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A và từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu U. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp $\sum Mstage$.

Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng. Kết quả được thể hiện trong hình 3.30.




Hình 3.29: Mômen uốn tường chắn bên trái trong trạng thái kết thúc




Hình 3.30: Đường cong biểu đồ tải trọng của tường

• **Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất**

Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút **Table**  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.


Bảng 3.15: Một phần giá trị chuyển vị của bài toán

Node	X [m]	Y [m]	Ux [10 ⁻³ m]	Uy [10 ⁻³ m]	ΔUx [10 ⁻³ m]	ΔUy [10 ⁻³ m]
1	0.000	15.375	0.000	-53.910	0.000	-0.054
2	0.000	13.750	0.000	-47.957	0.000	-0.051
3	0.000	12.125	0.000	-37.913	0.000	-0.053
4	3.000	15.375	14.514	-44.718	0.048	-0.110
5	1.500	15.375	5.685	-51.844	0.027	-0.068
6	1.500	13.750	9.756	-43.724	0.008	-0.063
7	3.000	17.750	6.392	-56.141	0.141	-0.129
8	4.500	17.750	14.241	-51.182	0.169	-0.177
9	4.500	18.500	11.709	-55.758	0.211	-0.188
10	4.500	17.000	17.718	-45.979	0.127	-0.174
11	3.000	17.000	8.094	-53.274	0.106	-0.123
12	1.500	17.000	3.044	-56.483	0.064	-0.085
13	4.500	19.250	10.121	-59.195	0.261	-0.204

Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút **Table**  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Effective stresses*. Một bảng giá trị ứng suất sẽ xuất hiện.

Bảng 3.16: Một phần giá trị ứng suất nền đất của bài toán

Cluster	Soil Element	Stress Point	X [m]	Y [m]	σ _{xx} [kN/m ²]	σ _{yy} [kN/m ²]	σ _{xy} [kN/m ²]	σ _{zz} [kN/m ²]	Status
1	Lop 2	1	75.007	0.315	-103.347	-182.507	-6.225	-104.816	Elastic
		2	79.639	0.315	-91.819	-158.368	-0.227	-92.333	Elastic
		3	79.639	4.369	-43.344	-119.351	-0.214	-60.685	PLASTIC
		4	77.135	1.246	-88.647	-161.731	-2.292	-92.164	Elastic
		5	78.576	1.246	-85.169	-153.072	-0.730	-87.916	Elastic
		6	78.576	2.507	-70.858	-141.064	-0.581	-78.385	Elastic
		7	76.363	0.266	-100.317	-174.973	-3.466	-101.131	Elastic
		8	78.227	0.266	-94.733	-163.661	-1.267	-95.218	Elastic
		9	79.696	1.552	-80.025	-146.390	-0.083	-83.700	Elastic
		10	79.696	3.183	-58.943	-130.751	-0.079	-70.435	Elastic
		11	78.227	3.183	-62.761	-137.323	-0.952	-74.071	Elastic
		12	76.363	1.552	-86.977	-164.549	-3.730	-92.489	Elastic
2	Lop 2	13	56.505	4.369	-93.216	-160.686	-29.163	-92.608	Elastic
		14	57.431	0.315	-121.510	-206.926	-26.679	-119.720	Elastic

Muốn xem giá trị của nội lực ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Bending Moment*. Một bảng giá trị nội lực sẽ xuất hiện.

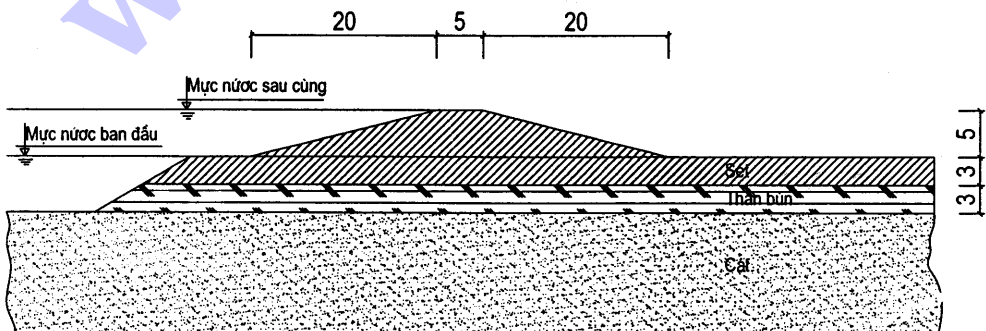
Bảng 3.17: Một phần giá trị nội lực của bài toán

Beam	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]
1	Tuong cu	324	30.000	20.000	0.136	-1.012	0.000	N/A	N/A
		323	30.000	19.250	-7.152	-1.389	-0.561	N/A	N/A
		322	30.000	18.500	-14.726	-6.962	-3.393	N/A	N/A
		321	30.000	17.750	-22.505	-17.510	-12.250	N/A	N/A
		361	30.000	17.000	-30.411	-32.812	-30.835	N/A	N/A
	Tuong cu	361	30.000	17.000	-96.635	66.378	-30.835	N/A	N/A
		364	30.000	16.000	-109.864	48.440	26.886	N/A	N/A
		363	30.000	15.000	-122.225	24.939	64.277	N/A	N/A
		362	30.000	14.000	-133.703	-5.770	74.374	N/A	N/A
		375	30.000	13.000	-144.281	-45.334	49.701	N/A	N/A
	Tuong cu	375	30.000	13.000	-321.514	131.532	49.701	N/A	N/A
		378	30.000	12.250	-329.149	99.757	136.604	N/A	N/A
		377	30.000	11.500	-336.581	64.583	198.496	N/A	N/A
		376	30.000	10.750	-343.863	25.602	232.550	N/A	N/A
		445	30.000	10.000	-351.047	-17.590	235.839	N/A	N/A
	Tuong cu	445	30.000	10.000	-345.626	-6.533	239.685	N/A	N/A
448		30.000	8.750	-355.074	-77.003	172.179	N/A	N/A	

3.4. BÀI TOÁN KẾT CẤU ĐÊ VÂY BẰNG ĐẤT SÉT ĐẬP KHÔNG THẤM NƯỚC

3.4.1. Đề bài

Đê trong hình 3.31 có chiều cao 5,0m và bao gồm các lớp đất sét không thấm nước. Cao hơn 6,0m tầng đất chính bao gồm các tầng đất nhẹ, trong đó tầng đất sét trên đỉnh dày 3m và tầng đất than bùn thấp hơn có bề dày 3m. Phía dưới các tầng đất nhẹ gần như không thấm nước. Dưới những lớp đất mềm, ở đó là một tầng đất cát thấm nước sâu.



Hình 3.31: Mặt cắt của đê chịu sự thay đổi của mực nước

Tính chất cơ lý của các lớp đất được thể hiện trong các bảng sau:

Bảng 3.18: Các tính chất vật liệu của đê và lớp đất sét

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	MC	-
Loại tác động	Type	Undr.	-
Trọng lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	16	kN/m ³
Trọng lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	18	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,001	m/s
Hệ số thấm theo phương đứng	k_y	0,001	m/s
Môđun đàn hồi	E_{ref}	2000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,35	-
Lực dính đơn vị	c_{ref}	2,0	kN/m ²
Góc nội ma sát	φ	24	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°

Bảng 3.19: Các tính chất vật liệu của đê và lớp than bùn

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	MC	-
Loại tác động	Type	Undr.	-
Trọng lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	15,5	kN/m ³
Trọng lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	17	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,001	m/s
Hệ số thấm theo phương đứng	k_y	0,001	m/s
Môđun đàn hồi	E_{ref}	1000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,3	-
Lực dính đơn vị	c_{ref}	0,49	kN/m ²
Góc nội ma sát	φ	14	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°

Bảng 3.20: Các đặc tính của đất cát

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
1	2	3	4
Mẫu vật liệu	Model	M-C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị của đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	16	kN/m ³
Khối lượng đơn vị của đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	19	kN/m ³

1	2	3	4
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	1	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	1	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	13000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,30	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	0,3	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	31	°
Góc trương nở	ψ	0	°

3.4.2. Thiết lập mô hình của bài toán

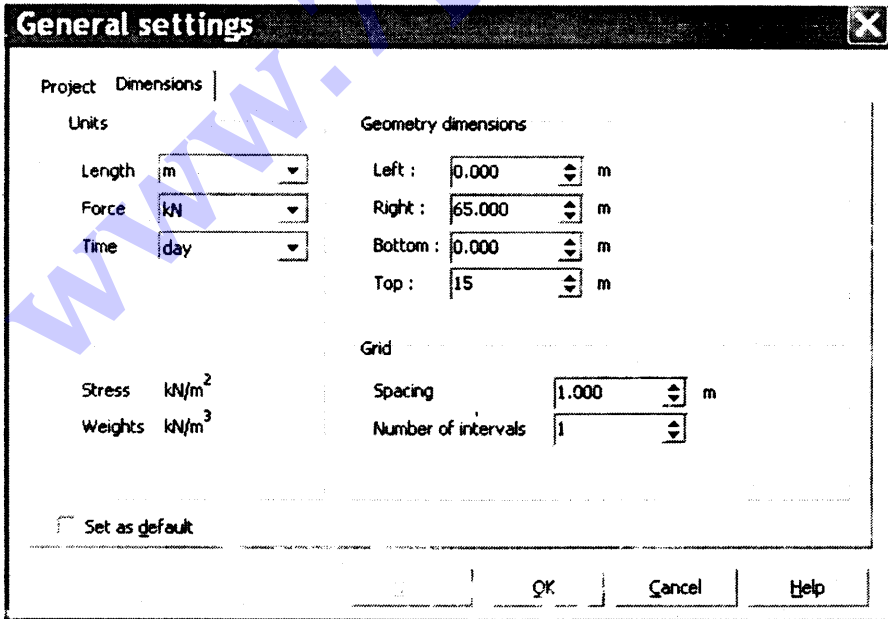
• Bước 1: Thiết lập tổng thể

Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn New project từ hộp thoại *Create/Open project*.

Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 3) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với Plane strain và rằng *Elements* được thiết lập với 15-node.

Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = day) và nhập kích thước ngang (Left, Right) theo thứ tự là 0.0 và 65.0 và kích thước dọc (Bottom, Top) là 0.0 và 15.0.

Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.



Hình 3.32: Hộp thoại *General settings*

• **Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng và kết cấu**

❖ Đường bao hình dạng: Chọn nút <Geometry line> từ thanh công cụ.

- Di chuyển con trỏ từ gốc (0.0; 0.0) và kích phím trái chuột.
- Di chuyển 65m tới điểm bên phải (65.0; 0.0) và kích lại một lần nữa.
- Di chuyển 10m lên điểm (65.0; 10.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển 20m tới điểm bên trái (45.0; 10.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển 20m tới điểm bên trái (25.0; 15.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển tới điểm bên trái (20.0; 15.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển tới điểm bên trái (0.0; 10.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Cuối cùng, di chuyển con trỏ về gốc tọa độ và kích chuột lại lần nữa. Một nhóm các điểm đã hiện ra. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

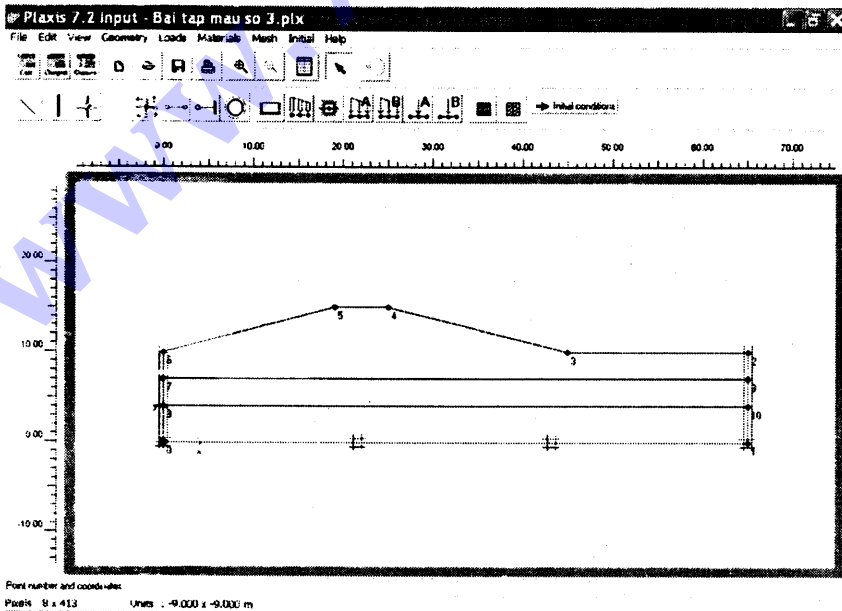
❖ Sự ngăn cách giữa hai lớp đất: Nút <Geometry line> vẫn được lựa chọn.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 7.0). Di chuyển 65m tới điểm bên phải (65.0; 7.0) và kích vào đường thẳng đứng hiện có khác. Kích chuột phải để kết thúc.
- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 4.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển 65m tới điểm bên phải (65.0; 4.0) và kích chuột trái. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

• **Bước 3: Khai báo tải trọng** (không thực hiện)


• **Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn**

- Kích vào nút *Standard fixities* trên thanh công cụ. Hình dạng mẫu được thể hiện trong hình 3.33.




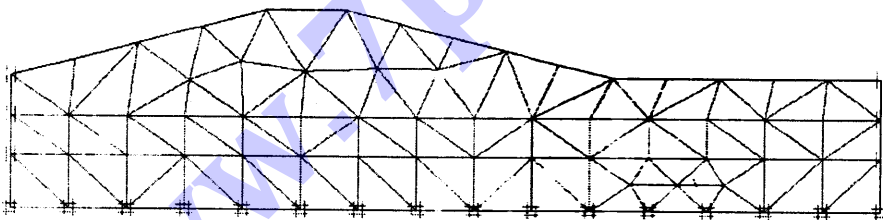
Hình 3.33: Hình dạng mẫu mặt cắt của dè

• Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu

- Kích vào nút *Material sets*  trên thanh công cụ. Chọn *Soil & Interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.
- Đại diện cho lớp đất sét, nhập “lop 1” cho mục *Identification* và chọn *Mohr - Coulomb* như là *Material model*. Loại vật liệu được thiết lập là *Undrained*.
- Nhập các đặc trưng của đất, như trong bảng 3.18, các hộp sắp xếp tương ứng của trình đơn *General and Parameters*.
- Kéo bộ dữ liệu “lop 1” tới nhóm đất phía trên cùng và để nó ở đó.
- Tiến hành tương tự với các lớp đất sau.



• Bước 6: Chia lưới phần tử

- Kích vào nút *Generate mesh*  trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ *Output*.
- Kích vào nút *Update* để quay trở lại đầu vào hình dạng.
- Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Để làm mịn toàn bộ, có thể chọn mục tiếp theo từ hộp kết hợp (*Medium*) và kích vào nút *Generate*. Kích vào nút *Update* để quay trở lại.
- Lưới phát sinh được thể hiện trong hình 3.34.



Hình 3.34: Lưới giới hạn phần tử của dầm

• Bước 7: Thiết lập các điều kiện về mực nước

- Kích vào nút *Initial conditions*  Initial conditions 
- Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng nước (10kN/m^3).
- Nhập một mực nước ngầm thông thường từ điểm (0.0; 10.0) đến điểm (65.0;10.0).
- Sinh áp lực nước lỗ rỗng từ mực nước ngầm bởi kích vào nút *Generate water pressures* và sau đó kích vào nút <OK>.
- Trong cửa sổ *Output*, kiểm tra sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng và kích vào nút <Update>.

- Trở về cửa sổ *Ouput*, kích nút <Calculate>. Không sinh ứng suất ban đầu theo K_0 - procedure.

- Lưu đầu vào dưới một tên thích hợp.

3.4.3. Quá trình tính toán

• **Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán**

• **Bước 8a: Giai đoạn thứ nhất**

- Chọn giai đoạn tính toán đầu tiên và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.

- Trong trình đơn *Parameters*, chọn *Ignore undrained behaviour* trong hộp thoại *Control parameters*. Chọn *Total multipliers* trong hộp *Loading input* và kích vào nút *Define*.

- Trong trình đơn *Multipliers*, nhập giá trị 1.0 vào mục \sum Mweight.

• **Bước 8b: Giai đoạn thứ hai**

- Trong cửa sổ *Calculation*, kích vào nút <Next>. Một giai đoạn tính toán mới xuất hiện trong danh sách ngay dưới Phase 1.

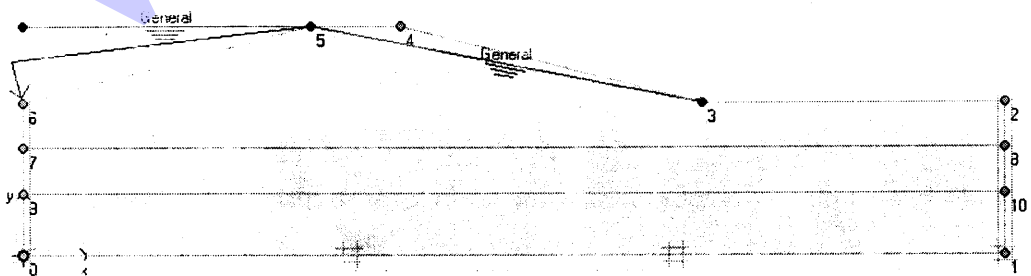
- Chọn giai đoạn tính toán thứ hai (Phase 2) và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*. Thiết lập mặc định như là bắt đầu giai đoạn này từ kết quả thu được ở bước trước đó.

- Trong trình đơn *Parameters*, chọn *Reset displacements to zero* trong hộp *Control parameters*.

- Chọn *Staged construction* trong hộp *Loading input* và kích vào nút <Define>.

- Trong cửa sổ *Geometry configuration*, kích phím trái chuột của *Switch* để đến chế độ áp lực nước.

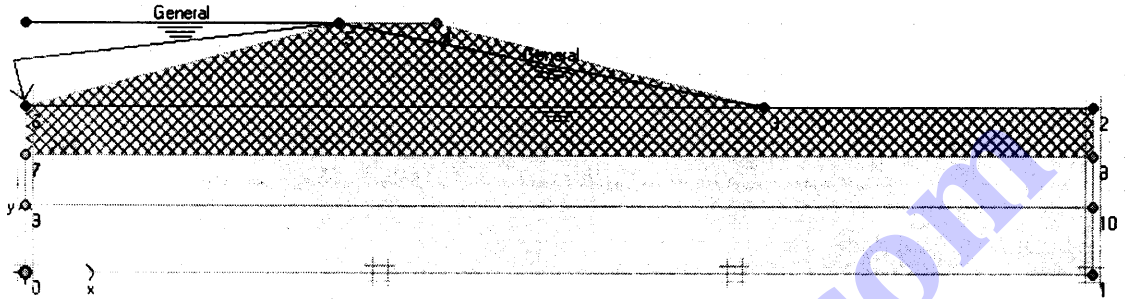
- Nhập một mực nước tổng quát qua các điểm (0.0;15.0),(20.0;15.0),(45.0;10.0). Mực nước ngầm tổng quát chỉ có nghĩa để sinh áp lực nước ngoài trên phía tay trái của đê (xem trong hình 3.35). Các điều kiện nước riêng biệt sẽ được ấn định tới các lớp đất khác nhau.



Hình 3.35: Mực nước ngầm thông thường so với sự phát sinh áp lực nước ngoài

- Kích vào nút *Selection* và chọn nhóm đất phía trên (bao gồm cả đê).

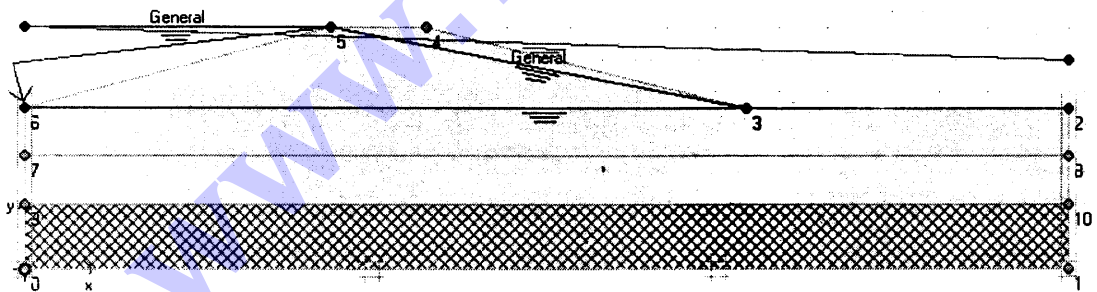
- Trong khi nhóm đất trên được đánh dấu, kích vào nút *Phreatic level* và vẽ mực nước ngầm qua các điểm (0.0; 10.0), (65.0; 10.0). Mực nước ngầm “nhóm xác định” chỉ áp dụng để biểu thị nhóm (xem hình 3.36). Hình 3.36 được sắp xếp chỉ biểu thị mực nước ngầm cho lớp đất sét. Mực nước ngầm tổng quát không được biểu thị.



Hình 3.36: Mực nước ngầm của tầng đất cao hơn

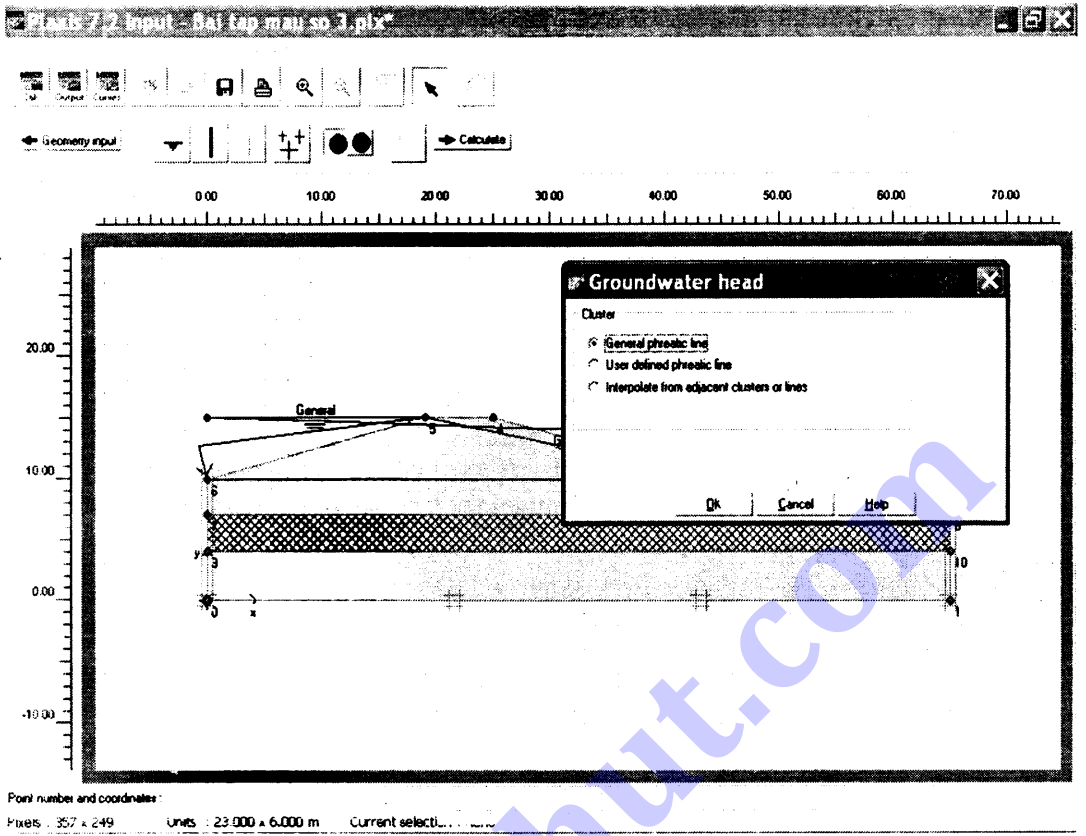
- Kích vào nút *Selection* và chọn nhóm đất cát.

- Trong khi lớp đất thấp hơn được đánh dấu, kích vào nút *Phreatic level* và vẽ một mực nước qua các điểm (0.0; 15.0), (65.0; 13.0). Mực nước ngầm này chỉ áp dụng cho nhóm đất cát. Hình 3.37 chỉ thể hiện mực nước ngầm cho lớp đất thấp hơn; các mực nước ngầm khác không được biểu thị.




Hình 3.37: Mực nước ngầm của tầng đất thấp hơn

- Kích vào nút *Selection* và kích đúp chuột, hay sử dụng phím phải chuột vào lớp đất trung gian. Kết quả là, một cửa sổ *groundwater head* xuất hiện. Trong hộp *Cluster*, đó là ba nút. Mặc định *General phreatic line* được chọn. Với nhóm đất hiện thời (lớp giữa) bạn nên chọn mục *Interpolate from adjacent clusters or lines* (xem hình 3.38). Kích vào nút <OK> để đóng cửa sổ.



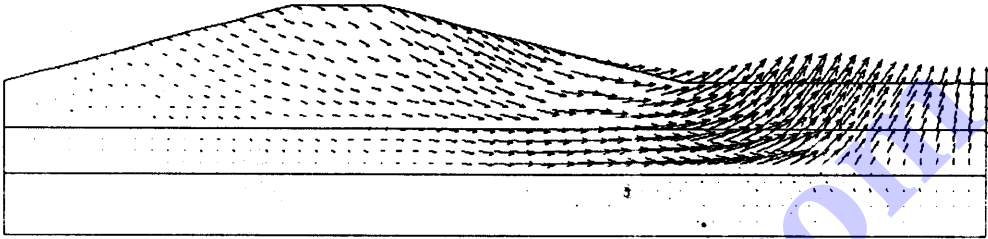
Hình 3.38: Xác định áp lực nước lỗ rỗng cho tầng đất giữa

- Kích vào nút *Generate water pressures* để sinh ra áp lực nước theo trạng thái cuối cùng.
- Trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút *Cross section* và vẽ một đường thẳng đứng qua đỉnh của đề tới đáy của mặt cắt. Kết quả là, áp lực nước lỗ rỗng phân bố trên tất cả ba lớp đất được hiển thị trong một cửa sổ riêng.
 - Kích vào nút <Update> để quay trở lại mặt cắt hình thể.
 - Trong mặt cắt hình thể, kích vào nút <Update> để quay trở lại cửa sổ *Calculations*.
 - Kích vào nút *Select points for curves*. Trong cửa sổ *Output*, chọn các điểm phù hợp với đường cong chuyển vị do tải trọng (ví dụ chân đề và các điểm cơ đề) và kích vào nút <Update>.
 - Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate> để bắt đầu tính toán.
- **Bước 9: Chọn điểm**
 - Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.
 - Chọn một vài nút trên đề tại các điểm mà biến dạng lớn có thể xảy ra và kích vào nút <Update>.
 - Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.

3.4.4. Xem và xuất kết quả

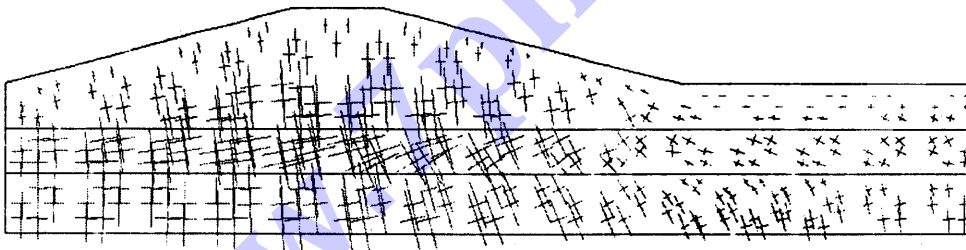
- **Bước 10: Xem kết quả chuyển vị, ứng suất**

- Kích vào nút <Output> để xem kết quả của giai đoạn tính toán 1. Chương trình *Output* sẽ hiển thị ngay sự biến dạng của đê do sự thay đổi của mực nước. Thậm chí trở lên rõ ràng hơn nếu bạn lựa chọn *Total increments* từ thực đơn *Deformations* (xem hình 3.39).



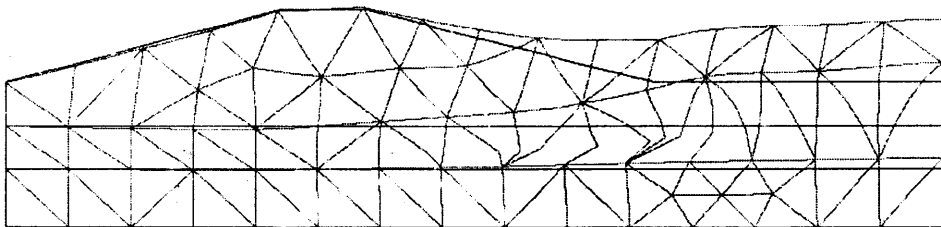
Hình 3.39: Sự gia tăng chuyển vị bởi sự thay đổi mực nước

- Lựa chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stresses*, nó có thể được thấy rằng sự dịch chuyển của đê gây ra một trạng thái ứng suất bị động trong lớp đất trên sau đê.




Hình 3.40: Ứng suất tác động trong đê sau khi mực nước tăng

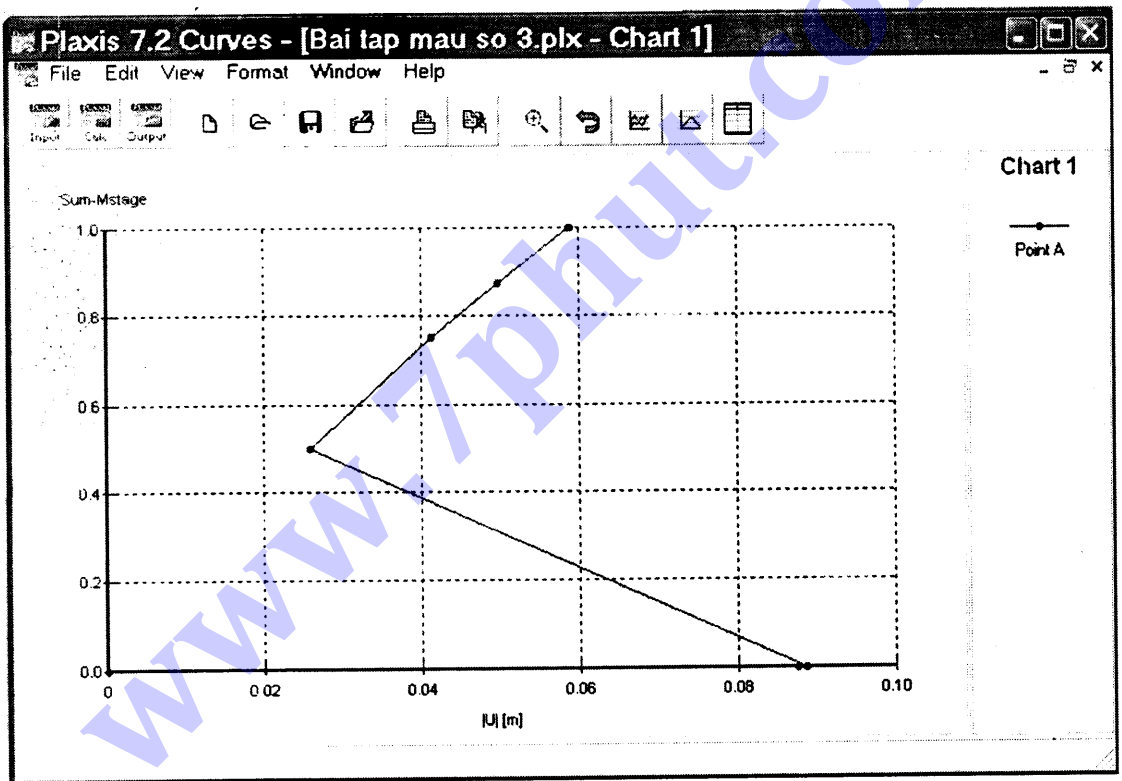
- Lựa chọn *Deformed mesh* từ thực đơn *Deformations*, ta có thể được thấy rằng sự biến dạng của đê khi mực nước dâng lên và được thể hiện trong hình 3.41.



Hình 3.41: Lưới biến dạng


• **Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ**

- Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.
- Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hồ đào từ tệp tin yêu cầu.
- Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A và từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu U. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp \sum Mstage .
- Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng. Kết quả được thể hiện trong hình 3.42.




Hình 3.42: Đường cong biến đổi tải trọng của tường

• **Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất**

- Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.

Bảng 3.21: Một phần giá trị chuyển vị của bài toán

Node	X [m]	Y [m]	U _x [10 ⁻³ m]	U _y [10 ⁻³ m]	ΔU _x [10 ⁻³ m]	ΔU _y [10 ⁻³ m]
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	3.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	3.000	0.000	1.350	0.000	0.772
6	0.000	2.000	0.000	0.807	0.000	0.461
7	0.000	1.000	0.000	0.348	0.000	0.198
8	1.083	1.000	-0.203	0.402	-0.117	0.230
9	2.167	1.000	-0.333	0.513	-0.191	0.294
10	1.083	2.000	-0.375	0.890	-0.215	0.509
11	3.250	2.000	-0.847	1.360	-0.486	0.780
12	3.250	3.000	-1.336	2.119	-0.767	1.216
13	2.167	3.000	-1.023	1.750	-0.588	1.002
14	3.250	1.000	-0.423	0.653	-0.242	0.375
15	2.167	2.000	-0.649	1.096	-0.373	0.628

- Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Effective stresses*. Một bảng các giá trị ứng suất sẽ xuất hiện.

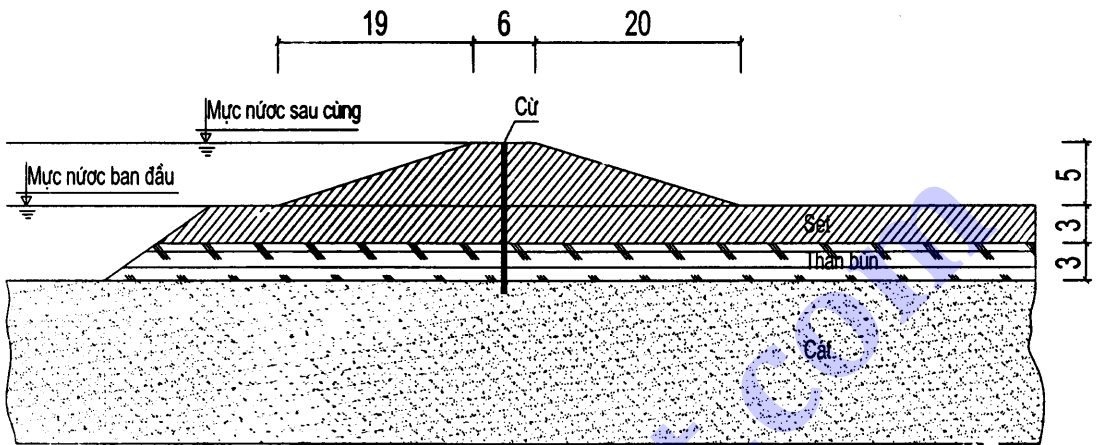
Bảng 3.22: Một phần giá trị ứng suất nền đất của bài toán

Cluster	Soil Element	Stress Point	X [m]	Y [m]	σ' _{xx} [kN/m ²]	σ' _{yy} [kN/m ²]	σ' _{xy} [kN/m ²]	σ' _{zz} [kN/m ²]	Status
1	i lop3	1	30.607	3.495	-34.648	-77.817	14.895	-37.944	Elastic
		2	30.607	0.252	-52.457	-105.474	21.780	-52.736	Elastic
		3	34.120	0.252	-49.739	-100.134	22.794	-49.764	Elastic
		4	31.414	2.006	-42.516	-89.174	17.989	-44.113	Elastic
		5	31.414	0.997	-47.846	-97.857	20.267	-48.675	Elastic
		6	32.506	0.997	-47.273	-96.062	20.623	-47.793	Elastic
		7	30.564	2.546	-39.700	-86.070	16.561	-42.280	Elastic
		8	30.564	1.241	-46.889	-97.169	19.294	-48.229	Elastic
		9	31.678	0.213	-51.849	-104.190	22.388	-52.013	Elastic
		10	33.092	0.213	-50.728	-102.031	22.786	-50.806	Elastic
		11	33.092	1.241	-45.781	-92.947	20.150	-46.231	Elastic
		12	31.678	2.546	-39.656	-84.006	16.976	-41.483	Elastic
2	lop3	13	39.273	3.495	-35.005	-61.455	14.115	-31.774	Elastic
		14	39.273	0.252	-45.654	-92.307	21.562	-45.377	Elastic
		15	42.787	0.252	-43.217	-87.801	18.939	-42.739	Elastic

3.5. BÀI TOÁN ĐỀ VÂY ĐẤT ĐÁP CỒ CỪ CHỐNG THẨM

3.5.1. Đề bài

Đề có số liệu về địa chất và kích thước giống trong phần 3.4, chỉ khác là lõi đề có cừ gia cố chống thấm.



Hình 3.43: Mặt cắt của đề có gia cố cừ chống thấm

Tính chất cơ lý của các lớp đất và cừ được thể hiện trong các bảng sau:

Bảng 3.23: Các tính chất vật liệu của đề và lớp 1

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	MC	-
Loại tác động	Type	Undr.	-
Trọng lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	16	kN/m ³
Trọng lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	18	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,001	m/s
Hệ số thấm theo phương đứng	k_y	0,001	m/s
Môđun đàn hồi	E_{ref}	2000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,35	-
Lực dính đơn vị	c_{ref}	4,0	kN/m ²
Góc nội ma sát	φ	24	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°

Bảng 3.24: Các tính chất vật liệu của dè và lớp 2

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	MC	-
Loại tác động	Type	Undr.	-
Trọng lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	15,5	kN/m ³
Trọng lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	16,8	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,001	m/s
Hệ số thấm theo phương đứng	k_y	0,001	m/s
Môđun đàn hồi	E_{ref}	1000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,3	-
Lực dính đơn vị	c_{ref}	0,49	kN/m ²
Góc nội ma sát	φ	14	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°

Bảng 3.25: Các đặc tính của lớp 3

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M-C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị của đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	16	kN/m ³
Khối lượng đơn vị của đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	19	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	1	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	1	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	13000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,30	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	0,3	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	31	°
Góc trương nở	ψ	0	°

Bảng 3.26: Đặc trưng vật liệu của tường chắn (tấm)

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$7,5 \cdot 10^6$	kN/m
Độ cứng khi uốn	EI	$1,0 \cdot 10^6$	kNm ² /m
Bề dày tương đương	d	1,265	m
Trọng lượng	W	10,0	kN/m/m
Hệ số Poisson	ν	0,0	-

3.5.2. Thiết lập mô hình của bài toán

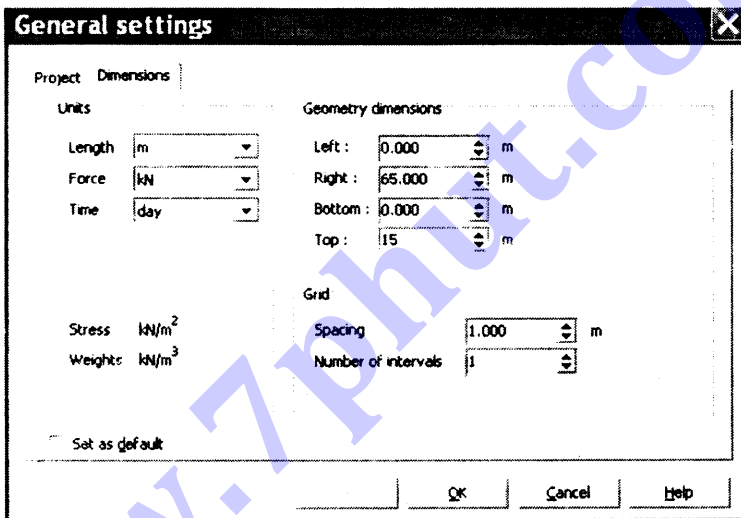
• Bước 1: Thiết lập tổng thể

- Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn New project từ hộp thoại *Create/Open project*.

- Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 4) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với Plane strain và rằng *Elements* được thiết lập với 15-node.

- Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = day) và nhập kích thước ngang (Left, Right) theo thứ tự là 0.0 và 65.0 và kích thước dọc (Bottom, Top) là 0.0 và 15.0.

- Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.



Hình 3.44: Hộp thoại *General settings*

• Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng và kết cấu

❖ Đường bao hình dạng: Chọn nút <Geometry line>  từ thanh công cụ.


- Di chuyển con trỏ từ gốc (0.0; 0.0) và kích phím trái chuột.
- Di chuyển 65m tới điểm bên phải (65.0; 0.0) và kích lại một lần nữa.
- Di chuyển 10m lên điểm (65.0; 10.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển 20m tới điểm bên trái (45.0; 10.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển 20m tới điểm bên trái (25.0; 15.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển tới điểm bên trái (19.0; 15.0) và kích chuột lại một lần nữa.
- Di chuyển tới điểm bên trái (0.0; 10.0) và kích chuột lại một lần nữa.


- Cuối cùng, di chuyển con trỏ về gốc tọa độ và kích chuột lại lần nữa. Một nhóm các điểm đã hiện ra. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

❖ Sự ngăn cách giữa hai lớp đất: Nút <Geometry line>  vẫn được lựa chọn.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 7.0). Di chuyển 65m tới điểm bên phải (65.0; 7.0) và kích vào đường thẳng đứng hiện có khác. Kích chuột phải để kết thúc.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 4.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển 65m tới điểm bên phải (65.0; 4.0) và kích chuột trái. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


❖ Tường chắn: Chọn nút <Beam>  từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ tới vị trí (22.0; 15.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích chuột. Di chuyển 12m xuống (22.0; 3.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

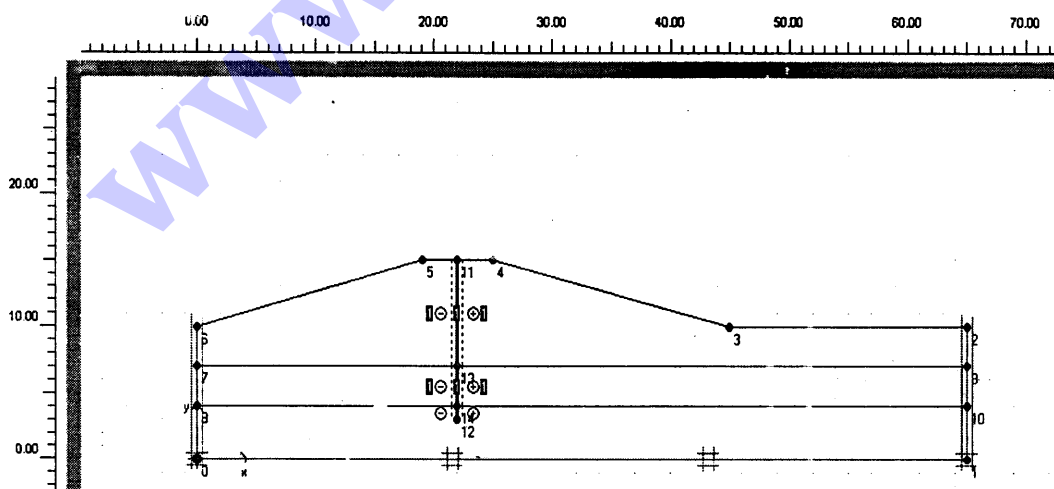
❖ Bề mặt phân giới: Kích vào nút *Interface*  trên thanh công cụ hay chọn biểu tượng *Interface* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (22.0; 15.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (22.0; 3.0) và kích chuột lần nữa. Di chuyển về điểm (22.0; 15.0) và kích chuột lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

• Bước 3: Khai báo tải trọng

Không phải thực hiện.


• Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn

- Để tạo các điều kiện giới hạn, kích vào nút *Standard fixities*  trên thanh công cụ. Hình dạng mẫu được thể hiện trong hình 3.45.



Hình 3.45: Hình dạng mẫu mặt cắt của đê

• Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu


❖ Kích vào nút *Material sets*  trên thanh công cụ. Chọn *Soil & interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.

- Đại diện cho lớp đất sét, nhập “lop 1” cho mục *Identification* và chọn *Mohr - Coulomb* như là *Material model*. Loại vật liệu được thiết lập là *Undrained*.

- Nhập các đặc trưng của đất, như trong bảng 3.23, các hộp sắp xếp tương ứng của trình đơn *General and Parameters*.


- Kéo bộ dữ liệu “lop 1” tới nhóm đất phía trên cùng và để nó ở đó.

- Tiến hành tương tự với các lớp đất sau.

❖ Thiết lập thông số trong cửa sổ *Material sets*  từ *Beams* và kích vào nút <New>. Nhập “tuong cu” như một sự nhận dạng của bộ dữ liệu và nhập đặc trưng như thể hiện trong bảng 3.26. Kích vào nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *tuong cu* tới tường trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

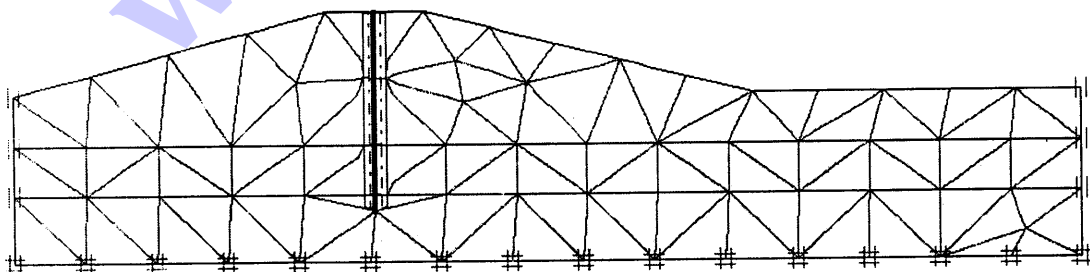
• Bước 6: Chia lưới phần tử

- Kích vào nút *Generate mesh*  trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ Output.

- Kích vào nút <Update> để quay trở lại đầu vào hình dạng.

- Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Để làm mịn toàn bộ, có thể chọn mục tiếp theo từ hộp kết hợp (*Medium*) và kích vào nút <Generate>. Kích vào nút <Update> để quay trở lại.

- Lưới phát sinh được thể hiện trong hình 3.46.



Hình 3.46: Lưới giới hạn phần tử của dầm

• Bước 7: Thiết lập điều kiện về mực nước

- Kích vào nút *Initial conditions* → Initial conditions

☐ Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng nước (10kN/m^3).

- Nhập một mực nước ngầm thông thường từ điểm (0.0; 10.0) đến điểm (65.0; 10.0).

- Sinh áp lực nước lỗ rỗng từ mực nước ngầm bởi kích vào nút *Generate water pressures* và sau đó kích vào nút <OK>.

- Trong cửa sổ *Output*, kiểm tra sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng và kích vào nút <Update>.

- Trở về cửa sổ *Output*, kích nút <Calculate>. Không sinh ứng suất ban đầu theo K_0 -*procedure*.

- Lưu đầu vào dưới một tên thích hợp.

3.5.3. Quá trình tính toán

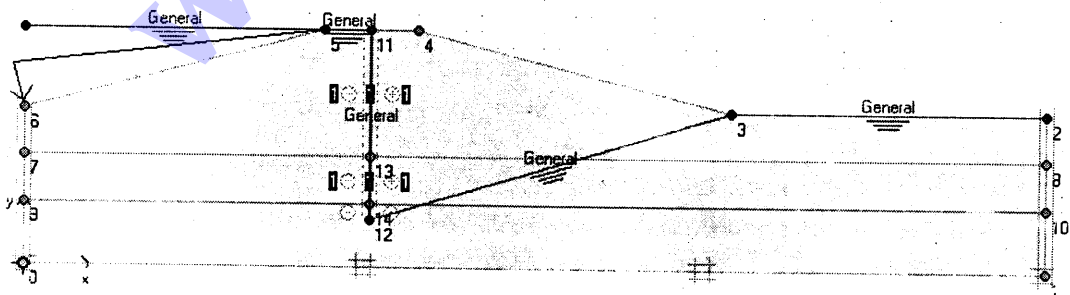
• Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán

- Trong trình đơn *General*, chấp nhận tất cả các giá trị mặc định. Thiết lập mặc định như là bắt đầu giai đoạn này từ kết quả thu được ở bước trước đó.

- Trong trình đơn *Parameters*, chọn *Staged construction* trong hộp *Loading input* và kích vào nút <Define>.

- Trong cửa sổ *Geometry configuration*, kích phím trái chuột của *Switch* để đến chế độ áp lực nước.


- Nhập một mực nước tổng quát qua các điểm (0.0; 15.0), (19.0; 15.0), (22.0; 15.0) (22.0; 3.0), (45.0; 10.0) và (65.0; 10.0). Mực nước ngầm tổng quát chỉ có nghĩa để sinh áp lực nước ngoài trên phía tay trái của đê (xem trong hình 3.47). Các điều kiện nước riêng biệt sẽ được ấn định tới các lớp đất khác nhau.



Hình 3.47: Mực nước ngầm thông thường so với sự phát sinh áp lực nước ngoài

- Kích vào nút <Update> để quay trở lại mặt cắt hình thể.
- Trong mặt cắt hình thể, kích vào nút <Update> để quay trở lại cửa sổ *Calculations*.
- Kích vào nút *Select points for curves*. Trong cửa sổ *Output*, chọn các điểm phù hợp với đường cong chuyển vị do tải trọng (ví dụ chân đê và các điểm cơ đê) và kích vào nút <Update>.
- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate> để bắt đầu tính toán.

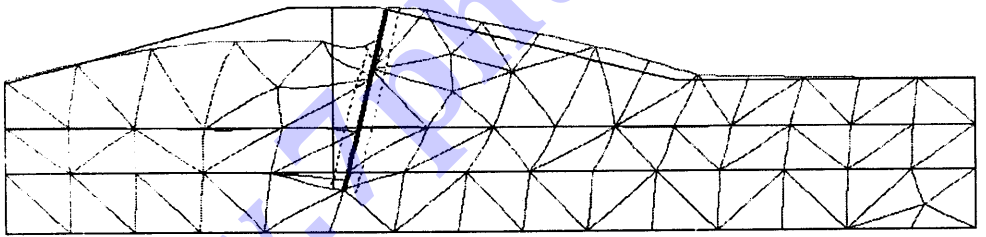
• Bước 9: Chọn điểm

- Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.
- Chọn một vài nút trên đê tại các điểm mà biến dạng lớn có thể xảy ra và kích vào nút <Update>.
- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.

3.5.4. Xem và xuất kết quả

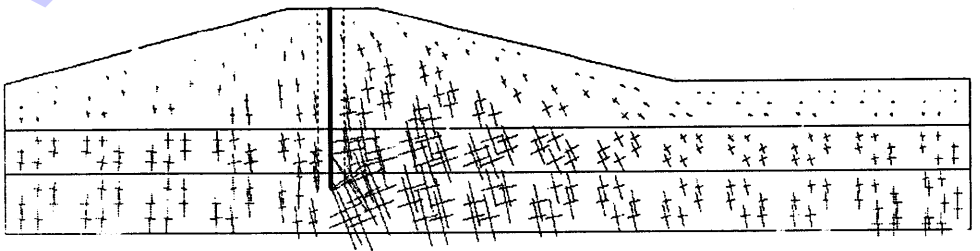
• Bước 10: Xem nội lực, ứng suất, biến dạng của kết cấu

- Kích vào nút <Output> để xem kết quả của giai đoạn tính toán thứ hai.



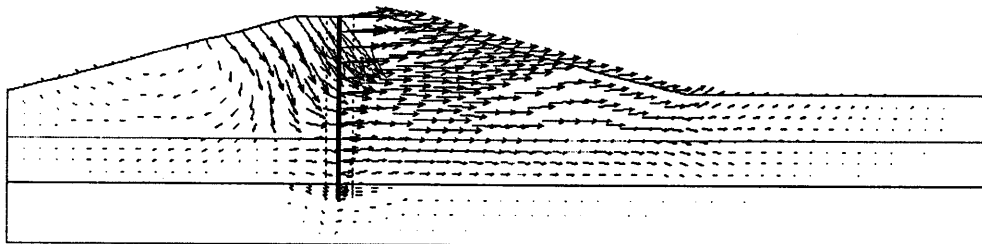
Hình 3.48: Lưới biến dạng của đê

- Lựa chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stressess*, thấy rằng sự dịch chuyển của đê gây ra một trạng thái ứng suất bị động trong lớp đất trên sau đê.




Hình 3.49: Ứng suất tác động trong đê sau khi mực nước tăng

- Chương trình *Output* sẽ hiển thị ngay sự biến dạng của mô do sự thay đổi của mực nước. Thậm chí trở lên rõ ràng hơn nếu bạn lựa chọn *Total increments* từ thực đơn *Deformations* (xem hình 3.50).



Hình 3.50: Sự gia tăng chuyển vị bởi sự thay đổi mực nước

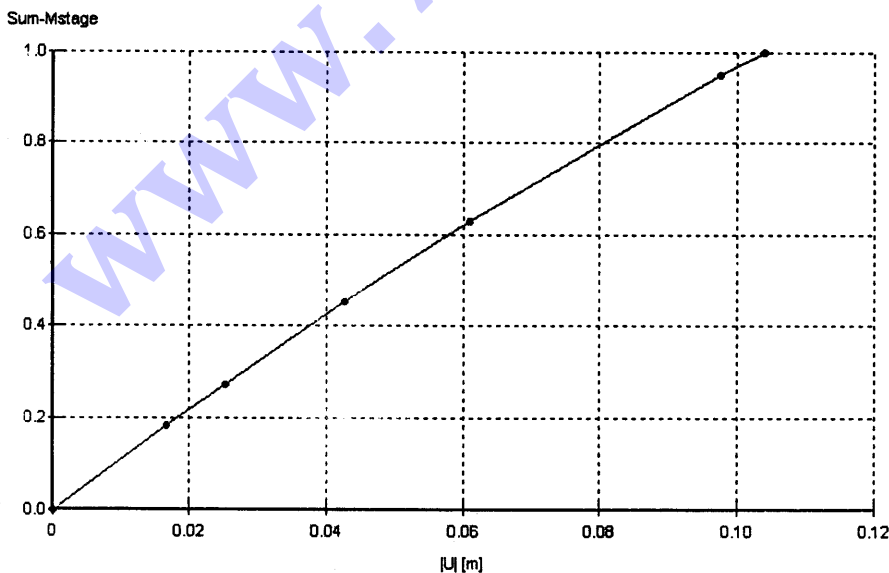
• **Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ**

- Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.

- Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hồ đào từ tệp tin yêu cầu.


- Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A và từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu U. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp \sum Mstage .

- Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng. Kết quả được thể hiện trong hình 3.51.




Hình 3.51: Đường cong biến đổi tải trọng của tường

• **Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất**

- Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.


Bảng 3.27: Một phần giá trị chuyển vị của bài toán

Node	X [m]	Y [m]	U _x [10 ⁻³ m]	U _y [10 ⁻³ m]	ΔU _x [10 ⁻³ m]	ΔU _y [10 ⁻³ m]
1	3.267	2.000	-1.007	1.142	-0.056	0.045
2	3.283	3.000	-1.550	1.816	-0.086	0.074
3	2.183	3.000	-1.174	1.488	-0.065	0.058
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	2.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	3.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	3.000	0.000	1.123	0.000	0.039
9	0.000	2.000	0.000	0.638	0.000	0.020
10	0.000	1.000	0.000	0.253	0.000	0.006
11	1.083	1.000	-0.235	0.304	-0.013	0.009

- Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Effective stresses*. Một bảng các giá trị ứng suất sẽ xuất hiện.

Bảng 3.28: Một phần giá trị ứng suất nền đất của bài toán

Cluster	Soil Element	Stress Point	X [m]	Y [m]	σ' _{xx} [kN/m ²]	σ' _{yy} [kN/m ²]	σ' _{xy} [kN/m ²]	σ' _{zz} [kN/m ²]	Status
1	1 lop3	1	61.976	1.650	-33.443	-66.735	0.684	-32.641	Elastic
		2	64.782	0.353	-38.308	-78.661	0.052	-38.139	Elastic
		3	64.782	3.596	-25.804	-48.781	0.039	-24.272	Elastic
		4	63.265	1.799	-32.820	-65.329	0.383	-31.979	Elastic
		5	64.137	1.396	-34.345	-69.038	0.196	-33.693	Elastic
		6	64.137	2.405	-30.466	-59.741	0.180	-29.381	Elastic
		7	62.798	1.231	-35.006	-70.585	0.509	-34.414	Elastic
		8	63.926	0.709	-36.965	-75.382	0.253	-36.626	Elastic
		9	64.816	1.326	-34.606	-69.676	0.042	-33.987	Elastic
		10	64.816	2.631	-29.579	-57.652	0.037	-28.408	Elastic
		11	63.926	3.043	-27.990	-53.871	0.208	-26.651	Elastic
		12	62.798	2.260	-31.068	-61.093	0.469	-30.019	Elastic
2	1 lop3	13	56.070	0.505	-38.169	-77.859	2.473	-37.803	Elastic
		14	56.125	3.748	-26.389	-47.640	1.787	-24.051	Elastic
		15	52.638	3.748	-27.603	-48.015	2.923	-24.528	Elastic

- Muốn xem giá trị của nội lực ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Bending Moment*. Một bảng giá trị nội lực sẽ xuất hiện.

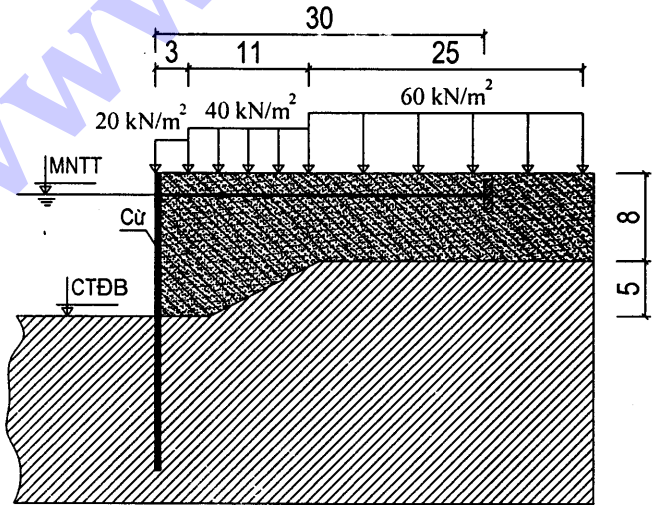
Bảng 3.29: Một phần giá trị nội lực của bài toán

Beam	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]
1	1 Cu	222	22.000	15.000	0.492	-3.192	0.000	N/A	N/A
		221	22.000	14.000	-16.343	12.309	5.278	N/A	N/A
		220	22.000	13.000	-32.507	21.767	22.461	N/A	N/A
		219	22.000	12.000	-48.118	27.739	47.661	N/A	N/A
		236	22.000	11.000	-63.295	32.779	77.772	N/A	N/A
	2 Cu	236	22.000	11.000	-62.705	32.080	77.772	N/A	N/A
		235	22.000	10.000	-75.861	33.283	110.734	N/A	N/A
		234	22.000	9.000	-86.645	31.662	143.361	N/A	N/A
		233	22.000	8.000	-94.940	27.833	173.337	N/A	N/A
		283	22.000	7.000	-100.629	22.413	198.534	N/A	N/A
	3 Cu	283	22.000	7.000	-100.264	25.631	198.534	N/A	N/A
		286	22.000	6.250	-105.026	-9.997	204.480	N/A	N/A
		285	22.000	5.500	-111.061	-47.192	183.147	N/A	N/A
		284	22.000	4.750	-118.259	-86.198	133.224	N/A	N/A

3.6. BÀI TOÁN BỀN CĂNG SỬ DỤNG KẾT CẤU TƯỜNG CỬ ĐƠN

3.6.1. Đề bài

Bền căng có kết cấu bên và chịu tải trọng như hình vẽ 3.52.



Hình 3.52: Mặt cắt ngang của bền

Tính chất cơ lý của đất nền, đặc trưng vật liệu của cừ và neo được thể hiện trong các bảng sau:

Bảng 3.30: Đặc trưng vật liệu của cát pha sét

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	17	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	19	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,01	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,01	m/s
Môđun đàn hồi (không đôi)	E_{ref}	10000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,32	-
Lực dính (không đôi)	c_{ref}	2,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	ϕ	28	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,7	-

Bảng 3.31: Đặc trưng vật liệu của đất sét

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	18	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	20	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,001	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,001	m/s
Môđun đàn hồi (không đôi)	E_{ref}	5000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,35	-
Lực dính (không đôi)	c_{ref}	5,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	ϕ	25	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,67	-

Bảng 3.32: Đặc trưng vật liệu của tường cừ

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$7,5 \cdot 10^6$	kN/m
Độ cứng khi uốn	EI	$1,0 \cdot 10^6$	kNm ² /m
Bề dày tương đương	d	1,265	m
Trọng lượng	W	10,0	kN/m/m
Hệ số Poisson	ν	0,0	-

Bảng 3.33: Đặc trưng vật liệu của thanh giằng (thanh neo)

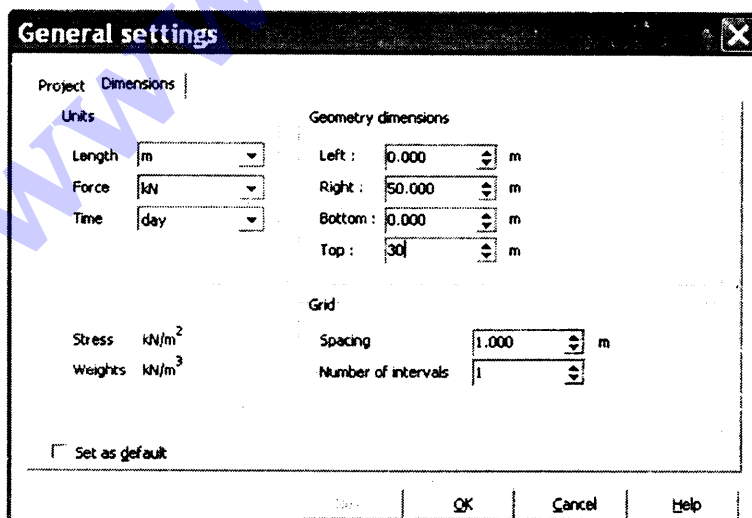
Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$6 \cdot 10^5$	kN
Khoảng cách giữa các thanh	L_s	3,0	m
Lực lớn nhất	$F_{\max, \text{comp}}$	$1 \cdot 10^{15}$	kN
	$F_{\max, \text{tens}}$	$1 \cdot 10^{15}$	kN

3.6.2. Thiết lập mô hình của bài toán

• Bước 1: Thiết lập tổng thể

- Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn New project từ hộp thoại *Create/Open project*.


- Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 5) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với Plane strain và rằng *Elements* được thiết lập với 15-node.

**Hình 3.53: Hộp thoại General settings**


- Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = day) và nhập kích thước ngang (Left, Right) theo thứ tự là 0.0 và 50.0 và kích thước dọc (Bottom, Top) là 0.0 và 30.0. Giữ mặc định giá trị cho lưới khoảng cách (Spacing = 1m; bước nhảy của khoảng cách *Interval* = 1)


- Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.


• **Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng và kết cấu**

- Chọn nút <Geometry line>  từ thanh công cụ (điều này, trên thực tế đã được lựa chọn cho một bài toán mới). Di chuyển con trỏ từ gốc (0.0; 0.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 50m tới điểm bên phải (50.0; 0.0) và kích lại một lần nữa. Di chuyển 40m lên điểm (50.0; 30.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 40m tới điểm bên trái (10.0; 30.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 13m xuống điểm (10.0; 17.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 10m tới điểm bên trái (0.0; 17.0) và kích chuột lại một lần nữa. Cuối cùng, di chuyển con trỏ về gốc tọa độ và kích chuột lại lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Sự ngăn cách giữa hai lớp đất: Nút <Geometry line> vẫn được lựa chọn. Di chuyển con trỏ tới vị trí (10.0; 17.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển 5m tới điểm bên phải (15.0; 17.0) và kích chuột. Di chuyển 10m tới điểm bên phải (25.0; 22.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ tới vị trí (50.0; 22.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Tường chắn: Chọn nút <Beam>  từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ tới vị trí (10.0; 30.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 27m xuống (10.0; 3.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Bề mặt phân giới: Kích vào nút *Interface*  trên thanh công cụ hay chọn biểu tượng *Interface* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (10.0; 30.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (10.0; 3.0) và kích lần nữa. Di chuyển về điểm (10.0; 30.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Thanh liên kết: Kích vào nút *Fixed-end anchor*  trên thanh công cụ hay chọn mục *Fixed-end anchor* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ 2m tới một vị trí dưới điểm (10.0; 28.0) và kích phím trái chuột. Một cửa sổ đặc tính xuất hiện trong đó hướng

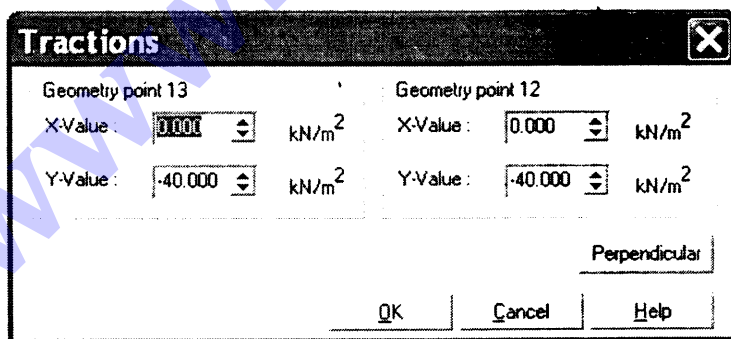
góc và chiều dài tương đương của liên kết có thể được nhập vào. Nhập vào mục *Equivalent length* một khoảng 30m và kích vào nút OK (hướng góc vẫn giữ nguyên là 0°). Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

• **Bước 3: Khai báo tải trọng**

- Kích vào *Tractions - load system A* . Di chuyển con trỏ tới (10.0; 30.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 3m tới điểm (13.0; 30.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -20kN/m^2 .


- Kích vào *Tractions - load system A*. Di chuyển con trỏ tới (13.0; 30.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 11m tới điểm (24.0; 30.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -40kN/m^2 .

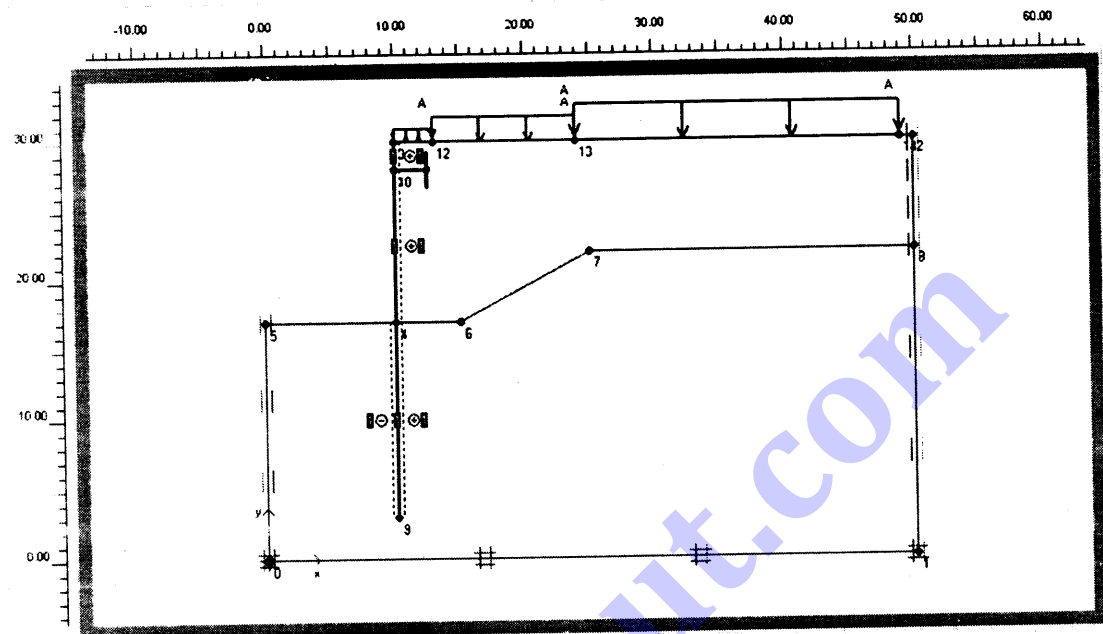
- Kích vào *Tractions - load system A*. Di chuyển con trỏ tới (24.0; 30.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 25m tới điểm (49.0; 30.0) và kích chuột lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -60kN/m^2 .



Hình 3.54: Hộp thoại *Tractions (System A)*

• **Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn**

- Kích vào nút *Standard fixities*  trên thanh công cụ. Hình dạng mẫu được thể hiện trong hình 3.55.



Point number and coordinates

Pixels : 951 x 532

Units : 66.000 x 10.000 m


Current select...

Syntax coordinates : (x y) for absolute and r(x y) for relative

Hình 3.55: Hình dạng mẫu trong cửa số đầu vào

• **Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu**

Đề tạo những bộ dữ liệu, theo trình tự sau:

❖ Kích vào nút *Material sets*  trên thanh công cụ. Chọn *Soil & interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.

- Đại diện cho lớp đất sét, nhập “Dat cat pha set” cho mục *Identification* và chọn *Mohr - Coulomb* như là *Material model*.

- Nhập các đặc trưng của đất, như trong bảng 3.30, các hộp sắp xếp tương ứng của trình đơn *General and Parameters*.

- Kích vào mục *Interfaces*. Trong hộp *Strength*, chọn nút *Manual*. Nhập một giá trị 0.7 cho thông số R_{inter} .

- Kéo bộ dữ liệu “Dat cat pha set” tới nhóm đất phía trên và để nó ở đó.

- Kéo bộ dữ liệu “Dat set” tới nhóm đất thấp hơn và để nó ở đó.

- Tiến hành tương tự với các lớp đất còn lại.

❖ Thiết lập thông số trong cửa sổ *Material sets* từ *Beams* và kích vào nút <New>. Nhập “tuong cu” như một sự nhận dạng của bộ dữ liệu và nhập đặc trưng như thể hiện trong bảng 3.32. Kích vào nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *tuong cu* tới tường trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

❖ Thiết lập thông số *Set type* trong cửa sổ *Material sets* tới *Anchors* và kích vào nút <New>. Nhập “thanh neo” như một sự xác minh của bộ dữ liệu và nhập các đặc trưng như trong bảng 3.33. Kích nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *thanh neo* tới liên kết trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Đóng cửa sổ *Material sets*. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

• **Bước 6: Chia lưới phần tử**

- Kích vào nút *Generate mesh* trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ Output.

- Kích vào nút <Update> để quay trở lại đầu vào hình dạng.

Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Để làm mịn toàn bộ, có thể chọn mục tiếp theo từ hộp kết hợp (*Medium*) và kích vào nút *Generate*.

- Kích vào nút *Update* để quay trở lại.

• **Bước 7: Thiết lập điều kiện về mực nước**

- Kích vào nút *Initial conditions* trên thanh công cụ.

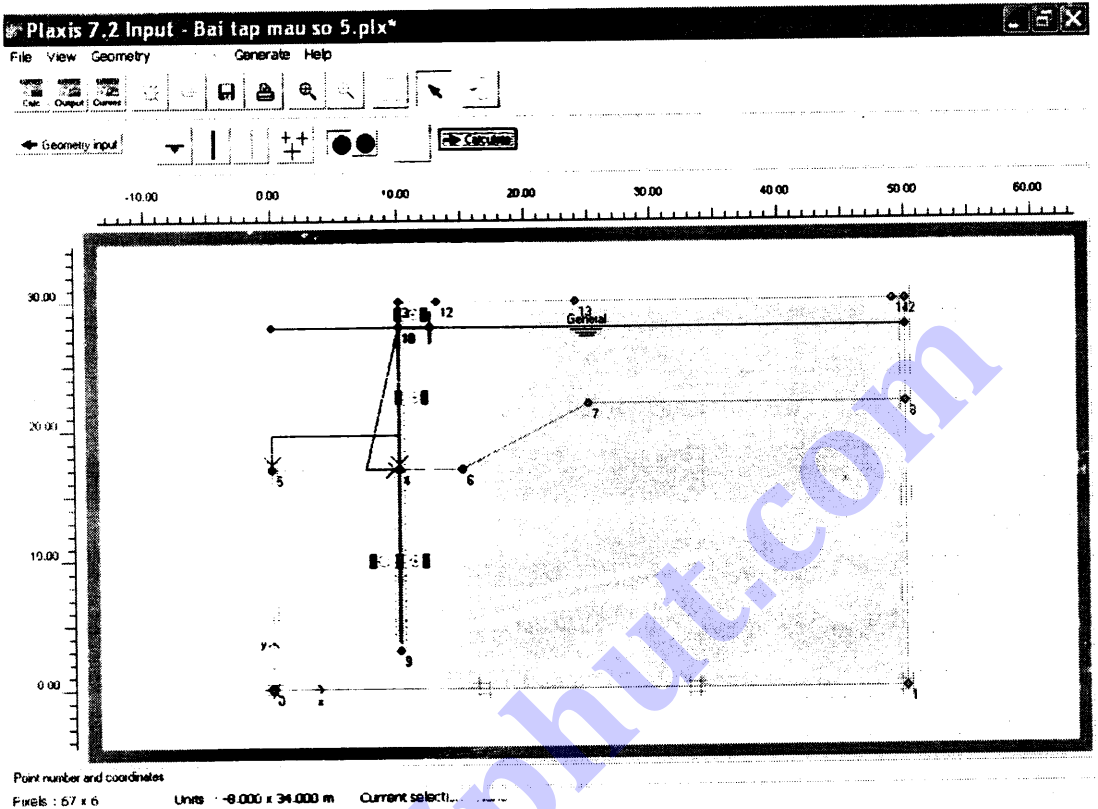
Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng đơn vị thể tích nước, là 10 kN/m^3 . Kiểu *Groundwater conditions* sau đó sẽ hoạt động, trong đó, nút *Phreatic level* đã được lựa chọn. Bằng mặc định, mực nước ngầm *General* được sinh ra tại đáy của hình.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 28.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 90m tới điểm bên phải (50.0; 28.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ. Đồ thị bây giờ thể hiện một *General* mực nước ngầm 2.0m dưới mặt đất.


- Kích vào nút *Generate water generate* (dấu cộng màu xanh) trên thanh công cụ. Bây giờ cửa sổ *Water pressure generation* xuất hiện.


- Từ cửa sổ *Water pressure generation*, chọn nút *Phreatic level* trong hộp *Generate* và kích vào nút OK.

- Sau sự xuất hiện của áp lực nước, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ làm việc kiểu *Groundwater conditions*.



Hình 3.56: Hình dạng mẫu sau khi sinh áp lực nước

 ở chế độ *Geometry configuration* kích vào nút *switch* trên thanh công cụ.

- Kích vào nút *Generate initial stresses*  trong thanh công cụ. Hộp thoại K_0 - *procedure* xuất hiện.

- Giữ trọng lượng tổng cộng của đất bằng 1,0. Chấp nhận giá trị mặc định cho K_0 và kích vào nút <OK>.

- Sau khi ứng suất tác dụng chính phát sinh, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ kiểu *Initial configuration*.

- Kích vào nút <Calculate>. Chọn <Yes> trong trả lời câu hỏi về lưu dữ liệu và nhập một tên tệp thích hợp.

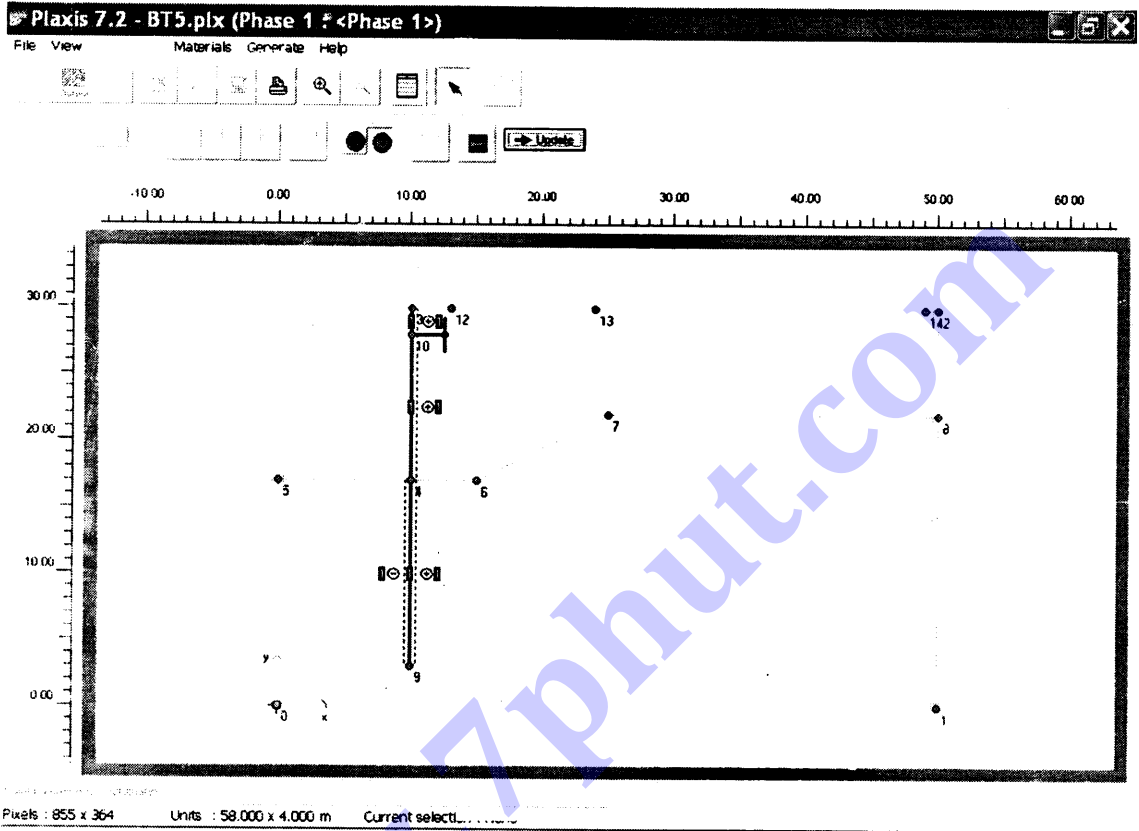
3.6.3. Quá trình tính toán

• **Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán**

- Trong cửa sổ *Calculations*, chọn bước 1.


- Trong trình đơn *general*, chấp nhận tất cả các mặc định. Vào trình đơn *Parameters* và kích nút *Define* để xác định bước *Staged construction* ngay sau. Cửa sổ *Staged construction* xuất hiện lại ngay bây giờ.

- Kích vào nút <Update> để kết thúc việc xác định bước đào đầu tiên.



Hình 3.57: Hình dạng mẫu ở giai đoạn 1 (Phase 1)

• Bước 9: Chọn điểm

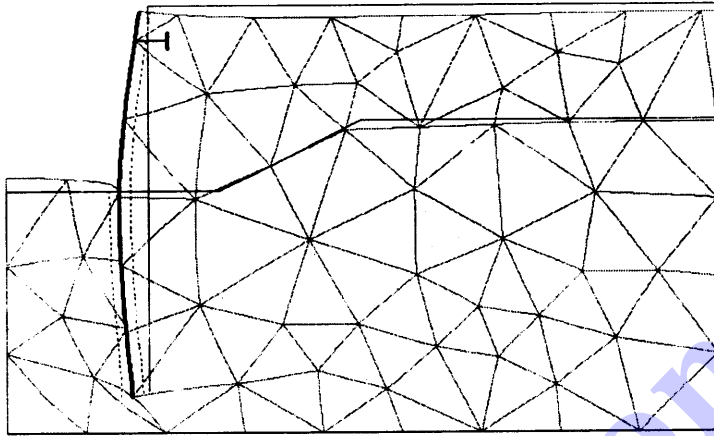
- Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.
- Chọn một vài nút trên tường cừ tại các điểm mà độ võng lớn có thể xảy ra (ví dụ: 10.0; 21.0) và kích vào nút <Update>.
- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.

3.6.4. Xem và xuất kết quả

• Bước 10: Xem nội lực, biến dạng và ứng suất của kết cấu bển cảng

- Kích vào giai đoạn tính toán cuối cùng trong cửa sổ *Calculations*.
- Kích vào nút *Output* trên thanh công cụ.

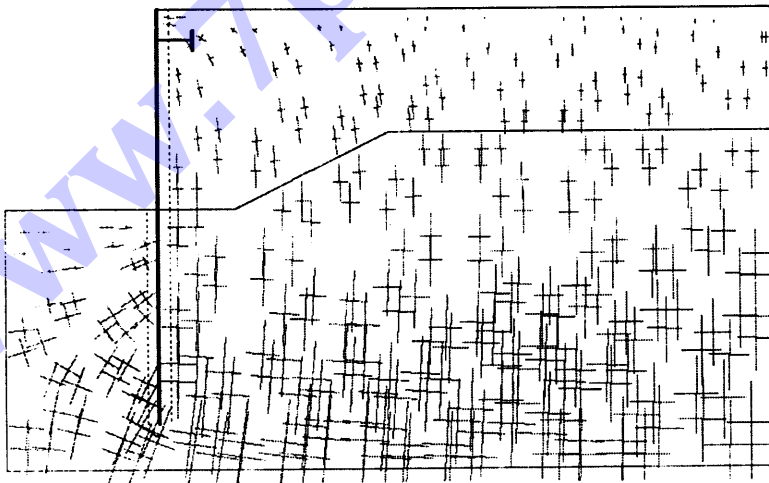
- Chọn *Total increments* từ thực đơn *Deformations*. Đồ thị thể hiện giá trị chuyển vị của tất cả các nút như hình các mũi tên, (xem hình 3.58).



Hình 3.58: Lưới biến dạng

- Hộp kết hợp biểu diễn trong thanh công cụ gọi là *Arrows*. Chọn *Shadings* từ hộp kết hợp. Bây giờ, biểu đồ thể hiện màu sắc của giá trị chuyển vị. Từ biểu đồ, một vùng biến dạng rất lớn xuất hiện phía sau tường.

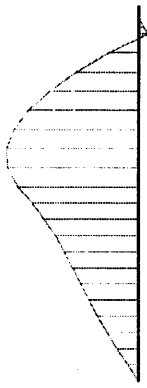
- Chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stresses*. Đồ thị thể hiện độ lớn và chiều của ứng suất tác dụng chính, (xem hình 3.59).



Hình 3.59: Ứng suất chính

- Để vẽ biểu đồ lực gây biến dạng và mômen uốn tường theo các bước sau đây:

- Kích đúp chuột vào tường. Một cửa sổ mới được mở thể hiện mômen uốn trong tường, với một sự biểu thị giá trị lớn nhất của mômen, (xem hình 3.60).




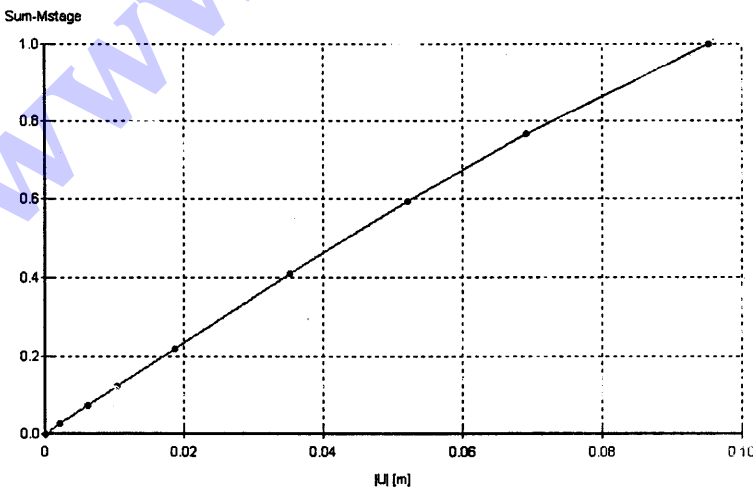
Hình 3.60: Biểu đồ mômen uốn trong tường

Hình 3.61: Biểu đồ lực cắt trong tường

- Chọn *Shear forces* từ thực đơn *Forces*. Biểu đồ thể hiện biến dạng của tường.
- Chọn cửa sổ đầu tiên (thể hiện ứng suất tác dụng trong hình dạng đầy đủ) từ thực đơn *Window*. Kích đúp chuột vào thanh liên kết. Một cửa sổ mới sẽ được mở thể hiện lực liên kết (kN/m).


• **Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ**

- Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.
- Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hồ đào từ tệp tin yêu cầu.
- Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A. Từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu U. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp \sum Mstage.
- Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng. Kết quả được thể hiện trong hình 3.62.




Hình 3.62: Đường cong biến đổi tải trọng của tường

• **Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất**

- Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.


Bảng 3.34: Một phần giá trị chuyển vị của bài toán

Node	X [m]	Y [m]	U _x [10 ⁻³ m]	U _y [10 ⁻³ m]	ΔU _x [10 ⁻³ m]	ΔU _y [10 ⁻³ m]
1	3.750	17.000	-27.867	47.070	-6.159	12.158
2	2.500	17.000	-18.266	49.242	-3.721	12.747
3	1.250	17.000	-9.206	50.374	-1.892	12.919
4	0.000	17.000	0.000	50.931	0.000	13.065
5	0.000	15.583	0.000	43.236	0.000	10.917
6	0.000	14.167	0.000	35.874	0.000	9.453
7	0.000	12.750	0.000	29.919	0.000	7.735
8	2.500	15.583	-20.341	41.431	-4.440	10.374
9	1.250	15.583	-10.033	42.958	-2.069	10.980
10	1.250	14.167	-11.141	36.369	-2.649	9.271
11	4.559	13.211	-43.020	25.265	-10.556	6.303
12	4.154	14.397	-36.859	32.499	-8.395	8.223

- Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Effective stresses*. Một bảng các giá trị ứng suất xuất hiện.

Bảng 3.35: Một phần giá trị ứng suất nền đất của bài toán

Cluster	Soil Element	Stress Point	X [m]	Y [m]	σ' _{xx} [kN/m ²]	σ' _{yy} [kN/m ²]	σ' _{xy} [kN/m ²]	σ' _{zz} [kN/m ²]	Status
1	1 Lop2	1	49.685	17.194	-67.843	-135.802	-0.023	-74.718	Elastic
		2	49.685	21.653	-40.004	-91.185	0.081	-48.230	Elastic
		3	45.631	21.653	-40.091	-91.535	-0.211	-48.383	Elastic
		4	48.754	19.242	-55.086	-115.445	0.025	-62.610	Elastic
		5	46.754	20.629	-46.450	-101.602	0.060	-54.392	Elastic
		6	47.493	20.629	-46.612	-101.876	-0.049	-54.544	Elastic
		7	49.734	18.499	-59.827	-122.835	-0.045	-67.043	Elastic
		8	49.734	20.293	-48.763	-104.902	0.017	-56.441	Elastic
		9	48.448	21.708	-39.813	-90.915	0.014	-48.055	Elastic
		10	46.817	21.708	-40.404	-91.341	-0.148	-48.411	Elastic
		11	46.817	20.293	-48.504	-105.222	-0.172	-56.462	Elastic
		12	48.448	18.499	-59.825	-122.910	-0.044	-67.069	Elastic
1	2	13	41.811	17.637	-64.974	-131.505	-0.237	-72.098	Elastic
	Lop2	14	44.477	21.685	-39.772	-90.647	0.015	-47.953	Elastic

- Muốn xem giá trị của nội lực ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Bending Moment*. Một bảng giá trị nội lực sẽ xuất hiện.

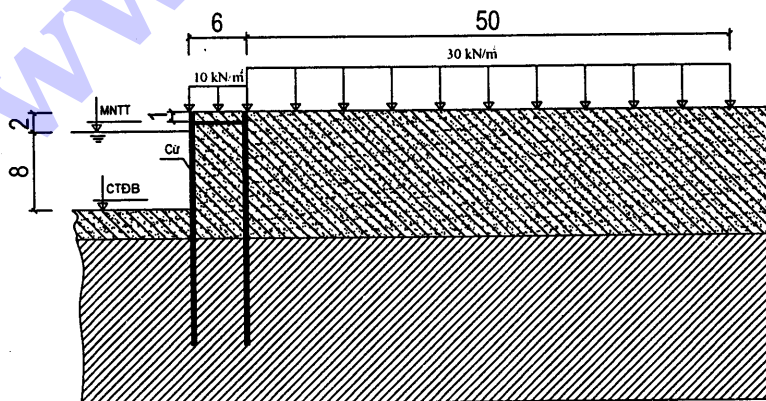
Bảng 3.36: Một phần giá trị nội lực của bài toán

Beam	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]
1	1 Cu	48	10.000	30.000	0.229	-1.844	0.000	N/A	N/A
		49	10.000	29.500	-1.592	15.345	3.205	N/A	N/A
		50	10.000	29.000	-4.069	35.083	15.815	N/A	N/A
		51	10.000	28.500	-7.118	55.919	38.479	N/A	N/A
		52	10.000	28.000	-10.651	76.402	71.630	N/A	N/A
	2 Cu	52	10.000	28.000	-10.349	-230.290	71.630	N/A	N/A
		45	10.000	26.625	-21.305	-186.845	-213.383	N/A	N/A
		46	10.000	25.250	-32.579	-153.228	-447.072	N/A	N/A
		47	10.000	23.875	-44.134	-124.491	-637.093	N/A	N/A
		44	10.000	22.500	-55.930	-95.687	-789.016	N/A	N/A
	3 Cu	44	10.000	22.500	-55.727	-94.806	-789.016	N/A	N/A
		41	10.000	21.125	-68.631	-58.763	-895.123	N/A	N/A
		42	10.000	19.750	-81.627	-17.876	-948.379	N/A	N/A
		43	10.000	18.375	-94.536	27.921	-942.045	N/A	N/A
		40	10.000	17.000	-107.115	78.693	-869.334	N/A	N/A
	4 Cu	40	10.000	17.000	-109.538	82.252	-869.334	N/A	N/A
39		10.000	15.633	-96.866	85.124	-769.529	N/A	N/A	

3.7. BÀI TOÁN BỀN CĂNG SỬ DỤNG KẾT CẤU TƯỜNG CỬ KÉP

3.7.1. Đề bài

Bền căng có kích thước, kết cấu và chịu tải trọng như hình 3.63.



Hình 3.63: Mặt cắt ngang của bền

Tính chất cơ lý của đất nền, đặc trưng tiết diện của tường cừ và thanh giằng được thể hiện trong các bảng sau:

Bảng 3.37: Đặc trưng vật liệu của cát pha sét

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	17	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	19	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,01	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,01	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	10000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,32	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	2,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	ϕ	28	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	0,7	-

Bảng 3.38: Đặc trưng vật liệu của đất sét

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất trên mực nước ngầm	γ_{dry}	18	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất dưới mực nước ngầm	γ_{wet}	20	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,001	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,001	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	6000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,35	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	5,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	ϕ	25	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°

Bảng 3.39: Đặc trưng vật liệu của tường chắn

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$12,0 \cdot 10^6$	kN/m
Độ cứng khi uốn	EI	$1,0 \cdot 10^6$	kNm^2/m
Bề dày tương đương	d	1,265	m
Trọng lượng	W	10,0	$\text{kN}/\text{m}/\text{m}$
Hệ số Poisson	ν	0,0	-

Bảng 3.40: Đặc trưng vật liệu của thanh giằng (thanh neo)

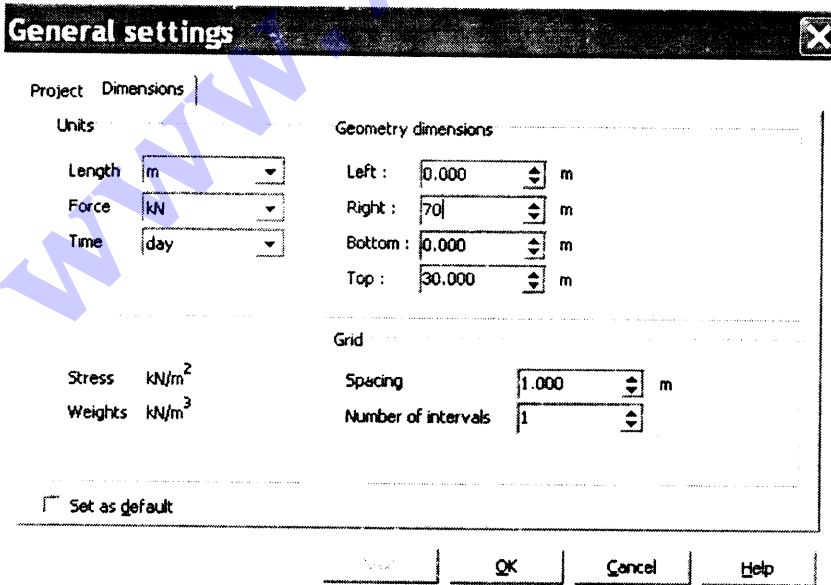
Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$1 \cdot 10^6$	kN
Khoảng cách giữa các thanh	L_s	5,0	m
Lực lớn nhất	$F_{\max, \text{comp}}$	$1 \cdot 10^{15}$	kN

3.7.2. Thiết lập mô hình của bài toán

• Bước 1: Thiết lập tổng thể

- Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn *New project* từ hộp thoại *Create/Open project*.


- Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 6) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với *Plane strain* và rằng *Elements* được thiết lập với 15-node.

**Hình 3.64: Hộp thoại General settings**


- Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = day) và nhập kích thước ngang (Left, Right) theo thứ tự là 0.0 và 70.0 và kích thước dọc (Bottom, Top) là 0.0 và 30.0. Giữ mặc định giá trị cho lưới khoảng cách (Spacing = 1m; bước nhảy của khoảng cách *Interval* = 1)

- Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.


• **Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng và kết cấu**


- Đường bao hình dạng: Chọn nút <Geometry line>  từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ từ gốc (0.0; 0.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 70m tới điểm bên phải (70.0; 0.0) và kích lại một lần nữa. Di chuyển 30m lên điểm (70.0; 30.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 60m tới điểm bên trái (10.0; 30.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 10m xuống điểm (10.0; 20.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 10m tới điểm bên trái (0.0; 20.0) và kích chuột lại một lần nữa. Cuối cùng, di chuyển con trỏ về gốc tọa độ và kích chuột lại lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Sự ngăn cách giữa hai lớp đất: Nút <Geometry line> vẫn được lựa chọn. Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 17.0). Kích vào đường thẳng đứng hiện tại. Di chuyển con trỏ tới vị trí (70.0; 17.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Tường chắn: Chọn nút <Beam>  từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ tới vị trí (10.0; 30.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 24m xuống (10.0; 6.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (16.0; 30.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 24m xuống (16.0; 6.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Bề mặt phân giới: Kích vào nút *Interface*  trên thanh công cụ hay chọn biểu tượng *Interface* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (10.0; 30.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (10.0; 6.0) và kích lần nữa. Di chuyển về điểm (10.0; 30.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ. Tường cừ còn lại thực hiện tương tự.

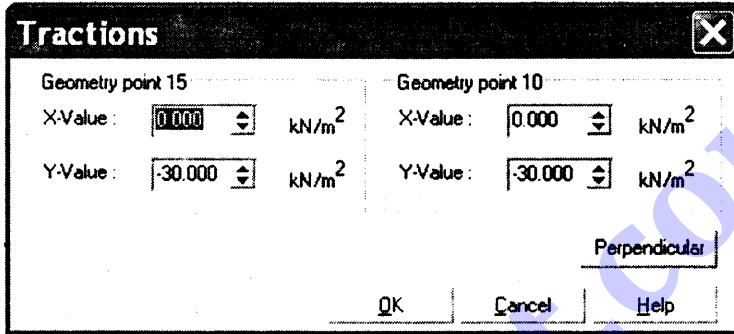
- Thanh liên kết: Kích vào nút *Node-to-node anchor*  trên thanh công cụ. Di chuyển con trỏ 1m tới một vị trí dưới điểm (10.0; 29.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển con trỏ sang phải tới một vị trí dưới điểm (16.0; 29.0) và kích phím trái chuột. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

• **Bước 3: Khai báo tải trọng**

- Tải trọng phân bố: Kích vào *Tractions - load system A* . Di chuyển con trỏ tới (10.0; 30.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 6m tới điểm (16.0; 30.0) và kích lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp

chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -10kN/m^2 .

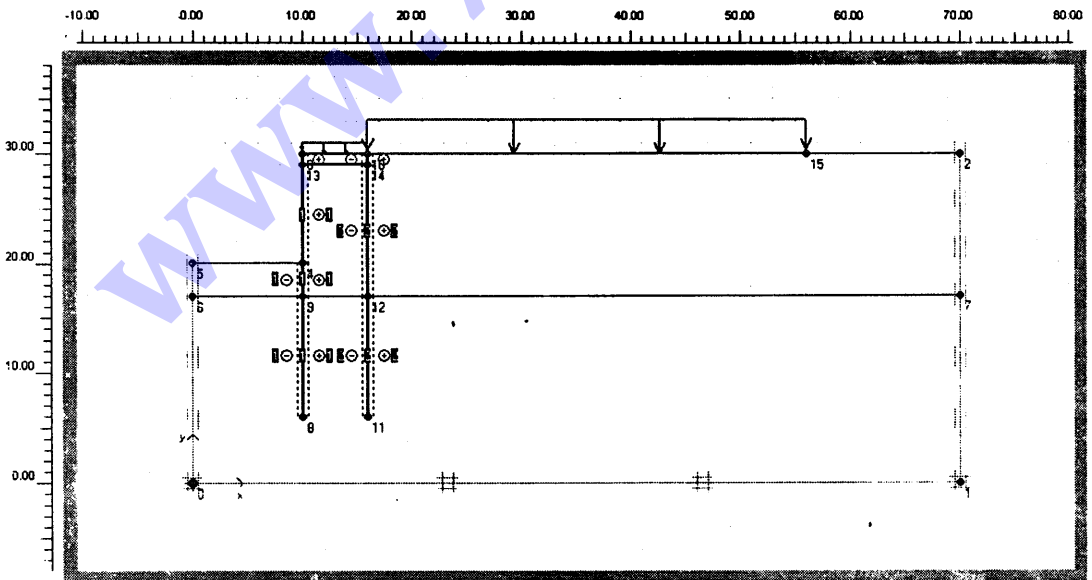
Kích vào *Tractions - load system A*. Di chuyển con trỏ tới (16.0; 30.0) và kích chuột. Di chuyển con trỏ sang phải 50m tới điểm (56.0; 30.0) và kích lần nữa. Kích chuột phải kết thúc việc vẽ. Kích vào thanh công cụ *Selection* và kích đúp chuột vào tải trọng phân bố và lựa chọn *Tractions (System A)* từ danh mục. Nhập vào mục giá trị trục Y giá trị -30kN/m^2 .



Hình 3.65: Hộp thoại *Tractions (System A)*


• **Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn**

Kích vào nút *Standard fixities* trên thanh công cụ. Hình dạng mẫu được thể hiện trong hình 3.66.



Hình 3.66: Hình dạng mẫu trong cửa sổ đầu vào

• **Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu**

❖ Kích vào nút *Material sets*  trên thanh công cụ. Chọn *Soil & interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.


- Đại diện cho lớp đất sét, nhập “Dat cat pha set” cho mục *Identification* và chọn *Mohr - Coulomb* như là *Material model*.

- Nhập các đặc trưng của đất, như trong bảng 3.37, các hộp sắp xếp tương ứng của trình đơn *General and Parameters*.


- Kích vào mục *Interfaces*. Trong hộp *Strength*, chọn nút *Manual*. Nhập một giá trị 0.7 cho thông số R_{inter} .

- Kéo bộ dữ liệu “Dat cat pha set” tới nhóm đất phía trên và để nó ở đó.

- Tiến hành tương tự với lớp đất còn lại.


❖ Thiết lập thông số trong cửa sổ *Material sets*  từ *Beams* và kích vào nút <New>. Nhập “tuong cu” như một sự nhận dạng của bộ dữ liệu và nhập đặc trưng như thể hiện trong bảng 3.39. Kích vào nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *tuong cu* tới tường trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

- Thiết lập thông số *Set type* trong cửa sổ *Material sets*  tới *Anchors* và kích vào nút <New>. Nhập “thanh neo” như một sự xác minh của bộ dữ liệu và nhập các đặc trưng như trong bảng 3.40. Kích nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *thanh neo* tới liên kết trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Đóng cửa sổ *Material sets*. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

• **Bước 6: Chia lưới phân tử**

- Kích vào nút *Generate mesh*  trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút <Update> để quay trở lại đầu vào hình dạng.

- Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Để làm mịn toàn bộ, có thể chọn mục tiếp theo từ hộp kết hợp (*Medium*) và kích vào nút *Generate*. Kích vào nút <Update> để quay trở lại.

• Bước 7: Thiết lập điều kiện về mực nước

- Kích vào nút <Initial conditions> → Initial conditions trên thanh công cụ.

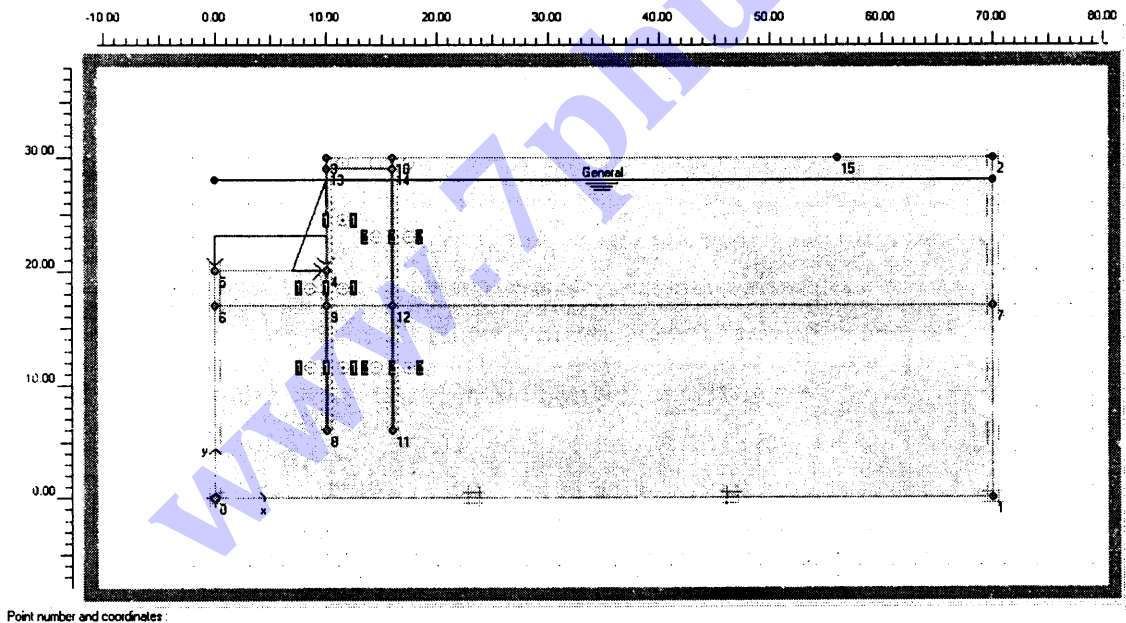
☑ Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng đơn vị thể tích nước, là 10 kN/m^3 . Kiểu *Groundwater conditions* sau đó sẽ hoạt động, trong đó, nút *Phreatic level* đã được lựa chọn. Bằng mặc định, mưa nước ngầm *General* được sinh ra tại đáy của hình.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 28.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 90m tới điểm bên phải (50.0; 28.0) và kích. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Kích vào nút *Generate water generate* (dấu cộng màu xanh) ++ trên thanh công cụ. Bây giờ cửa sổ *Water pressure generation* xuất hiện.

- Từ cửa sổ *Water pressure generation*, chọn nút *Phreatic level* trong hộp *Generate* và kích vào nút OK.

- Sau sự xuất hiện của áp lực nước, kết quả được hiển thị trong cửa sổ *Output*. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ làm việc kiểu *Groundwater conditions*.



Hình 3.67: Hình dạng mẫu sau khi sinh áp lực nước

● ở chế độ *Geometry configuration* kích vào nút *switch* trên thanh công cụ.

- Kích vào nút *Generate initial stresses* ++ trong thanh công cụ. Hộp thoại *K₀ - procedure* xuất hiện.

- Giữ trọng lượng tổng cộng của đất bằng 1,0. Chấp nhận giá trị mặc định cho K_0 và kích vào nút <OK>.

- Sau khi ứng suất tác dụng chính phát sinh, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ kiểu *Initial configuration*.

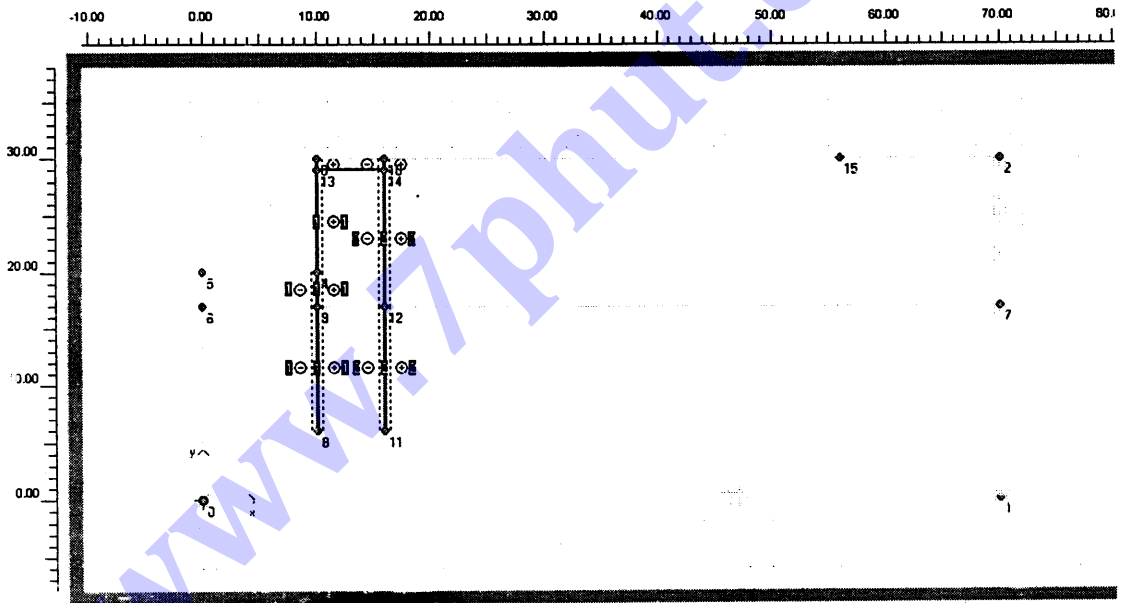
- Kích vào nút <Calculate>. Chọn <Yes> trong trả lời câu hỏi về lưu dữ liệu và nhập một tên tệp thích hợp.

3.7.3. Quá trình tính toán

• Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán


- Chọn giai đoạn tính toán đầu tiên và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.

- Trong trình đơn *Parameters* và kích nút Define để xác định bước *Staged construction* ngay sau. Cửa sổ *Staged construction* xuất hiện lại ngay bây giờ. Kích vào nút <Update> để kết thúc việc xác định bước đào đầu tiên.



Hình 3.68: Hình dạng mẫu ở giai đoạn 1 (Phase 1)

• Bước 9: Chọn điểm

- Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.

- Chọn một vài nút trên tường cừ tại các điểm mà độ võng lớn có thể xảy ra và kích vào nút <Update>.

- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.

3.7.4. Xem và xuất kết quả

- **Bước 10: Xem nội lực, biến dạng, ứng suất của kết cấu bền**

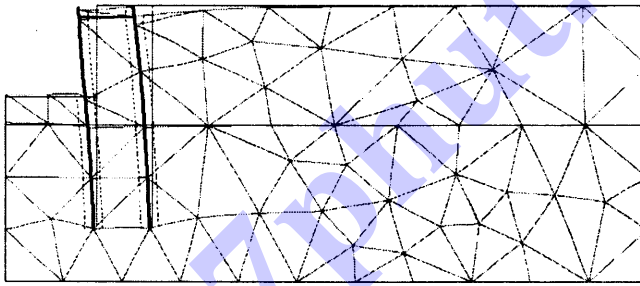
- Kích vào giai đoạn tính toán cuối cùng trong cửa sổ *Calculations*.

- Kích vào nút <Output> trên thanh công cụ. Kết quả, chương trình Output được bắt đầu, thể hiện biến dạng của lưới (phóng to) tại cuối của giai đoạn tính toán đã lựa chọn, với một biểu thị của chuyển vị lớn nhất, (hình 3.69).

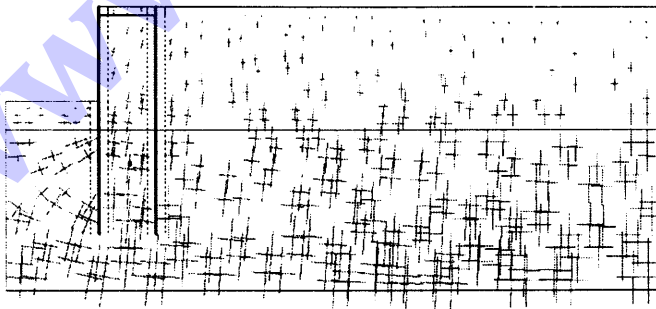
- Chọn *Total increments* từ thực đơn *Deformations*. Đồ thị thể hiện giá trị chuyển vị của tất cả các nút như hình các mũi tên. Chiều dài của các mũi tên biểu thị quan hệ độ lớn.

- Hộp kết hợp biểu diễn trong thanh công cụ gọi là *Arrows*. Chọn *Shadings* từ hộp kết hợp. Bây giờ, biểu đồ thể hiện màu sắc của giá trị chuyển vị. Từ biểu đồ, một vùng biến dạng rất lớn xuất hiện phía sau tường.

- Chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stresses*. Đồ thị thể hiện độ lớn và chiều của ứng suất tác dụng chính, (hình 3.70).



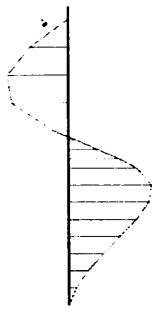
Hình 3.69: Lưới biến dạng



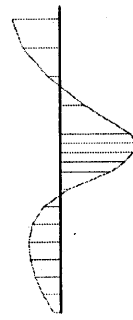
Hình 3.70: Ứng suất chính

- Để vẽ biểu đồ lực gây biến dạng và mômen uốn trong tường theo các bước sau:

- Kích đúp chuột vào tường. Một cửa sổ mới được mở thể hiện mômen uốn trong tường, với một sự biểu thị giá trị lớn nhất của mômen (xem hình 3.71).




Hình 3.71: Biểu đồ mô men uốn trong tường

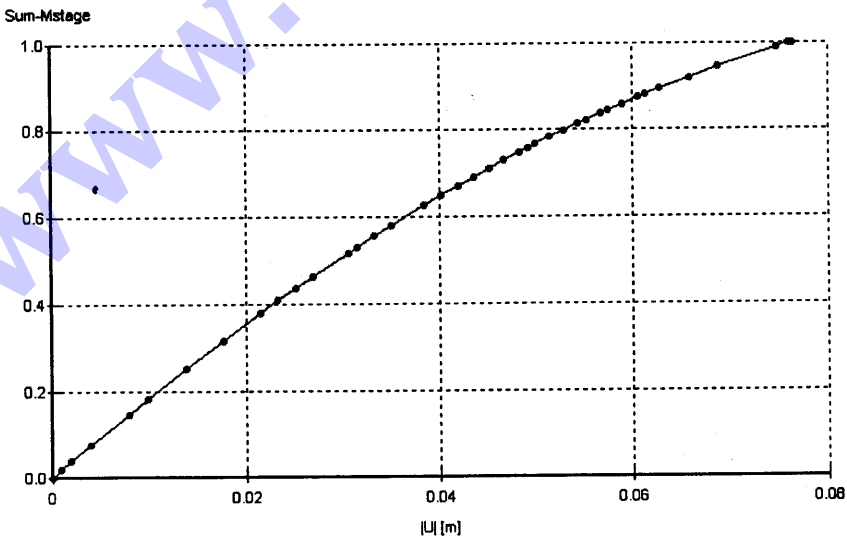


Hình 3.72: Biểu đồ lực cắt trong tường

- Chọn *Shear forces* từ thực đơn *Forces*. Biểu đồ thể hiện biến dạng của tường.
- Chọn cửa sổ đầu tiên (thể hiện ứng suất tác dụng trong hình dạng đầy đủ) từ thực đơn *Window*. Kích đúp chuột vào thanh liên kết. Một cửa sổ mới sẽ được mở thể hiện lực liên kết (kN/m).


• **Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ**

- Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.
- Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hố đào từ tệp tin yêu cầu.
- Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A và từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu U. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp \sum Mstage.
- Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng. Kết quả được thể hiện trong hình 3.73.




Hình 3.73: Đường cong biến đổi tải trọng của tường

• **Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất**

Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.


Bảng 3.41: Một phần giá trị chuyển vị của bài toán

Node	X [m]	Y [m]	U _x [10 ⁻³ m]	U _y [10 ⁻³ m]	ΔU _x [10 ⁻⁶ m]	ΔU _y [10 ⁻⁶ m]
1	10.000	30.000	-102.296	-15.846	-588.902	-46.924
2	10.000	29.750	-101.514	-15.846	-582.129	-46.924
3	10.000	29.500	-100.733	-15.846	-575.355	-46.924
4	10.000	29.250	-99.951	-15.846	-568.581	-46.923
5	10.000	26.750	-92.021	-15.841	-500.644	-46.914
6	10.000	24.500	-84.023	-15.827	-437.427	-46.912
7	10.000	22.250	-74.693	-15.805	-370.950	-46.898
8	10.000	29.000	-99.169	-15.846	-561.808	-46.922
9	11.500	29.500	-97.538	-26.501	-581.168	-200.379
10	11.500	29.250	-96.732	-26.457	-572.893	-200.504
11	13.000	29.250	-96.644	-21.683	-571.741	-139.490
12	10.000	29.750	-98.982	-29.910	-583.660	-245.216

Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Effective stresses*. Một bảng các giá trị ứng suất xuất hiện.

Bảng 3.42: Một phần giá trị ứng suất nền đất của bài toán

Cluster	Soil Element	Stress Point	X [m]	Y [m]	σ' _{xx} [kN/m ²]	σ' _{yy} [kN/m ²]	σ' _{xy} [kN/m ²]	σ' _{zz} [kN/m ²]	Status
1	1 Set	1	64.439	0.358	-185.624	-296.736	-0.928	-185.745	Elastic
		2	69.599	0.358	-185.653	-296.783	-0.067	-185.772	Elastic
		3	69.599	4.952	-155.071	-251.577	-0.061	-156.650	Elastic
		4	66.809	1.413	-178.604	-286.393	-0.524	-179.072	Elastic
		5	68.414	1.413	-178.612	-286.404	-0.260	-179.079	Elastic
		6	68.414	2.841	-169.094	-272.348	-0.254	-170.020	Elastic
		7	65.950	0.301	-186.015	-297.313	-0.675	-186.116	Elastic
		8	68.025	0.301	-186.026	-297.332	-0.328	-186.126	Elastic
		9	69.662	1.759	-176.308	-283.003	-0.055	-176.886	Elastic
		10	69.662	3.607	-164.005	-264.818	-0.053	-165.171	Elastic
		11	68.025	3.607	-163.999	-264.813	-0.312	-165.167	Elastic
		12	65.950	1.759	-176.288	-282.980	-0.662	-176.871	Elastic
2	2 Set	13	65.960	8.667	-130.450	-214.950	-0.549	-133.114	Elastic
		14	69.708	6.215	-146.697	-239.134	-0.043	-148.650	Elastic

Muốn xem giá trị của nội lực ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Bending Moment*. Một bảng giá trị nội lực sẽ xuất hiện.

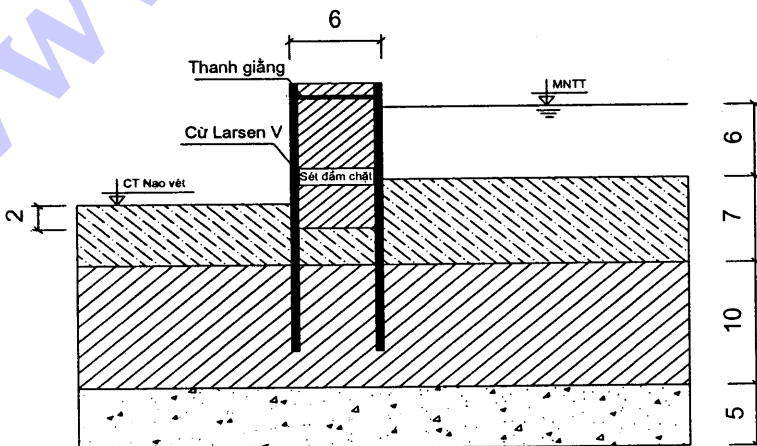
Bảng 3.43: Một phần giá trị nội lực của cừ trước

Beam	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	
1	1	1	10.000	30.000	-0.029	0.061	0.000	N/A	N/A	
		Cu	2	10.000	29.750	-3.038	0.087	0.018	N/A	N/A
		3	10.000	29.500	-6.046	0.110	0.043	N/A	N/A	
		4	10.000	29.250	-9.053	0.132	0.073	N/A	N/A	
	8	10.000	29.000	-12.054	0.150	0.109	N/A	N/A		
	2	8	10.000	29.000	-7.699	-83.093	0.109	N/A	N/A	
		Cu	5	10.000	26.750	-50.147	-63.487	-169.551	N/A	N/A
		6	10.000	24.500	-95.905	-20.949	-268.023	N/A	N/A	
		7	10.000	22.250	-142.346	41.977	-248.560	N/A	N/A	
	81	10.000	20.000	-186.839	122.744	-66.122	N/A	N/A		
	3	81	10.000	20.000	-190.580	123.388	-66.122	N/A	N/A	
		Cu	82	10.000	19.250	-191.519	133.589	31.331	N/A	N/A
		83	10.000	18.500	-190.997	129.299	130.502	N/A	N/A	
		84	10.000	17.750	-188.832	113.688	222.496	N/A	N/A	
		141	10.000	17.000	-184.842	89.923	299.136	N/A	N/A	

3.8. BÀI TOÁN KẾT CẤU ĐÈ VÂY TƯỜNG CỪ KÉP

3.8.1. Đề bài

Đê vây có kết cấu như hình vẽ 3.74.



Hình 3.74: Mặt cắt ngang của đê vây

Tính chất cơ lý của các lớp đất, đặc trưng tiết diện của cừ và giằng neo được thể hiện trong các bảng sau:

Bảng 3.44: Đặc trưng vật liệu của lớp đất lấp

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất khô	γ_{dry}	10,5	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất ướt	γ_{wet}	16,4	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,01	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,01	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	9000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,33	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	2,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	10	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	1,0	-

Bảng 3.45: Đặc trưng vật liệu của lớp đất 1

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất khô	γ_{dry}	18,0	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất ướt	γ_{wet}	19,0	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,0001	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,0001	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	10000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,35	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	5,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	25	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	1,0	-

Bảng 3.46: Đặc trưng vật liệu của lớp đất 2

Thông số	Ký hiệu	Loại đất	Đơn vị
Mẫu vật liệu	Model	M - C	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	-
Khối lượng đơn vị đất khô	γ_{dry}	18,2	kN/m ³
Khối lượng đơn vị đất ướt	γ_{wet}	20,0	kN/m ³
Hệ số thấm theo phương ngang	k_x	0,0001	m/s
Hệ số thấm theo phương dọc	k_y	0,0001	m/s
Môđun đàn hồi (không đổi)	E_{ref}	20000	kN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,0	-
Lực dính (không đổi)	c_{ref}	1000,0	kN/m ²
Góc ma sát trong	φ	80	°
Góc trương nở	ψ	0,0	°
Hệ số giảm cường độ	R_{inter}	1,0	-

Bảng 3.47: Đặc trưng vật liệu của tường chắn

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$6,4 \cdot 10^7$	kN/m
Độ cứng khi uốn	EI	$3,209 \cdot 10^6$	kNm ² /m
Bề dày tương đương	d	0,776	m
Trọng lượng	W	10,0	kN/m/m
Hệ số Poisson	ν	0,0	-

Bảng 3.48: Đặc trưng vật liệu của thanh giằng

Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Loại tác động	<i>Material type</i>	<i>Elastic</i>	
Độ cứng khi nén	EA	$2.6 \cdot 10^5$	kN
Khoảng cách giữa các thanh	L_s	5,0	m
Lực lớn nhất	$F_{max,comp}$	$1 \cdot 10^{15}$	kN

3.8.2. Thiết lập mô hình của bài toán

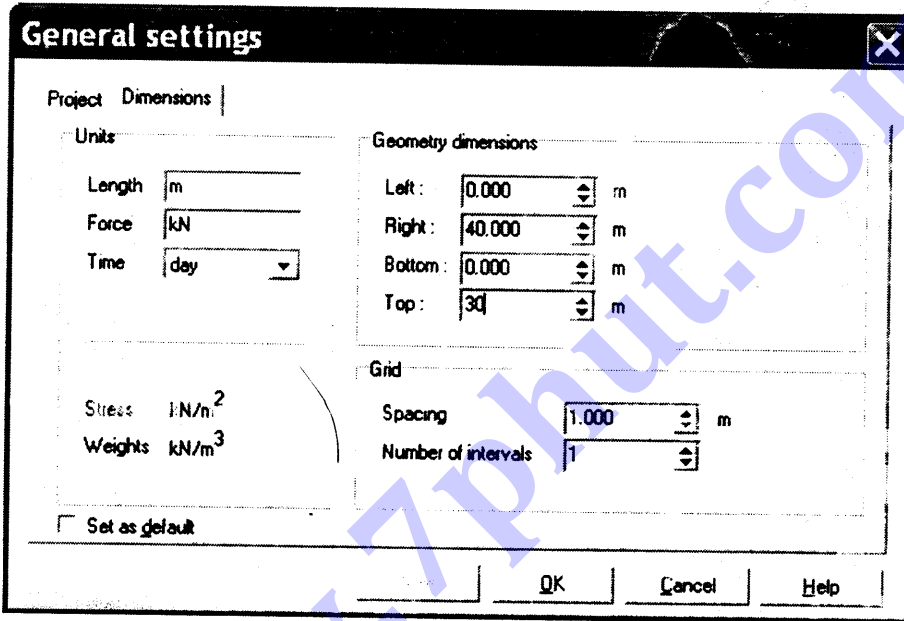
• Bước 1: Thiết lập tổng thể

- Khởi động chương trình đầu vào và lựa chọn New project từ hộp thoại *Create/Open project*.

- Trong trình đơn *Project* của cửa sổ *General settings*, điền một tiêu đề thích hợp (ví dụ: Bài mẫu số 7) và đảm bảo rằng *Model* được thiết lập với Plane strain và rằng *Elements* được thiết lập với 15-node.

- Trong trình đơn *Dimensions*, giữ mặc định các đơn vị (chiều dài = m; lực = kN; thời gian = day) và nhập kích thước ngang (Left, Right) theo thứ tự là 0.0 và 40.0 và kích thước dọc (Bottom, Top) là 0.0 và 30.0. Giữ mặc định giá trị cho lưới khoảng cách (Spacing = 1.0m; bước nhảy của khoảng cách *Interval* = 1)

- Kích vào nút OK sau khi bảng công tác xuất hiện.




Hình 3.75: Hộp thoại *General settings*

• Bước 2: Thiết lập đường bao hình dạng và kết cấu


- Đường bao hình dạng: Chọn nút <Geometry line> từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ từ điểm gốc tọa độ (0.0; 0.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 40m tới điểm bên phải (40.0; 0.0) và kích lại một lần nữa. Di chuyển 22m lên điểm (40.0; 22.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 20m tới điểm bên trái (20.0; 22.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 8m lên điểm (20.0; 30.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 6m tới điểm bên trái (14.0; 30.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 10m xuống điểm (14.0; 20.0) và kích chuột lại một lần nữa. Di chuyển 14m tới điểm bên trái (0.0; 20.0) và kích chuột lại một lần nữa. Cuối cùng, di chuyển con trỏ về điểm (0.0; 0.0) và kích chuột lại lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Sự ngăn cách giữa hai lớp đất: Nút <Geometry line> vẫn được lựa chọn. Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 5.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 40m sang phải (40.0; 5.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.


- Di chuyển con trỏ tới vị trí (0.0; 15.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 40m sang phải (40.0; 15.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Tường chắn: Chọn nút <Beam>  từ thanh công cụ. Di chuyển con trỏ tới vị trí (14.0; 30.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 22m xuống (14.0; 8.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (20.0; 30.0) tại phía trên đường thẳng nằm ngang và kích. Di chuyển 22m xuống (20.0; 8.0) và kích chuột. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Sự ngăn cách của các tầng hồ đào: Chọn nút <Geometry line>  một lần nữa. Di chuyển con trỏ tới vị trí (14.0; 18.0) tại tường và kích. Di chuyển con trỏ 6m tới điểm bên phải (20.0; 18.0) và kích lần nữa. Kích chuột phải để kết thúc việc vẽ tầng hồ đào.


- Bề mặt phân giới: Kích vào nút *Interface*  trên thanh công cụ hay chọn biểu tượng *Interface* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ (trung tâm của dấu + xác định vị trí con trỏ) tới đỉnh của tường (14.0; 30.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển tới đáy của tường (14.0; 8.0) và kích lần nữa. Di chuyển về điểm (14.0; 30.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ. Tường cừ còn lại thực hiện tương tự.

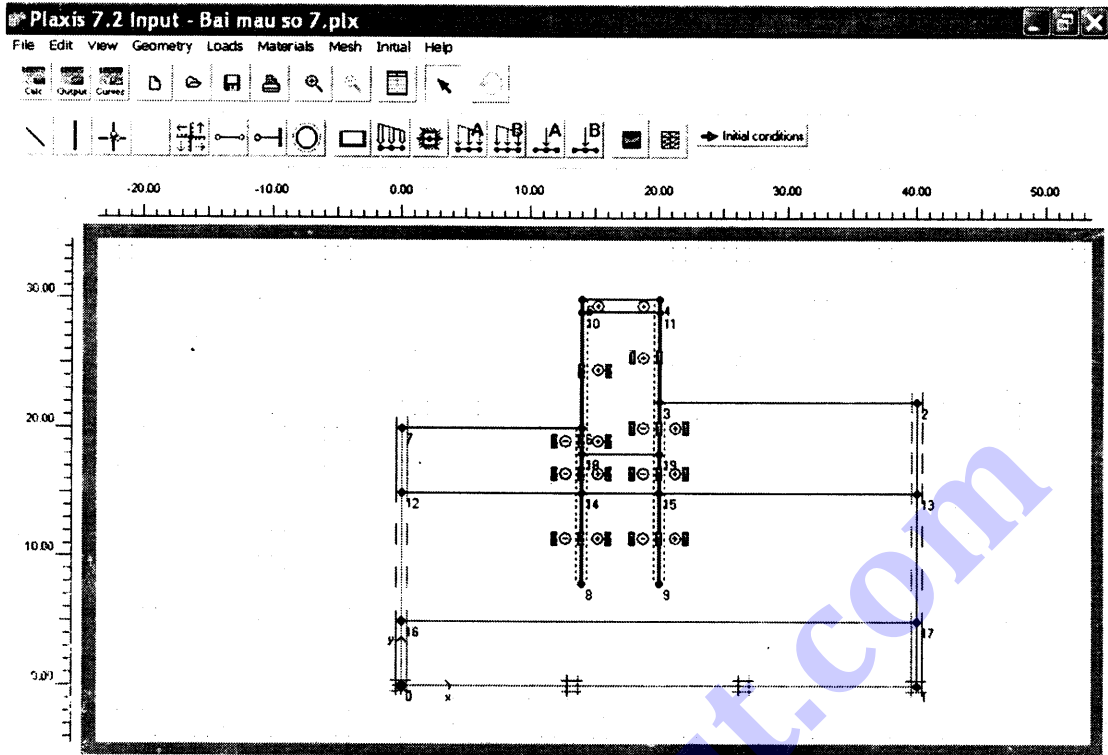
- Thanh liên kết: Kích vào nút *Node- to - node anchor*  trên thanh công cụ hay chọn mục *Node- to - node anchor* từ thực đơn *Geometry*. Di chuyển con trỏ 1m tới một vị trí dưới điểm (14.0; 29.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển con trỏ sang phải tới một vị trí dưới điểm (20.0; 29.0) và kích phím trái chuột. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

• Bước 3: Khai báo tải trọng

Không phải thực hiện.

• Bước 4: Thiết lập điều kiện giới hạn

- Kích vào nút *Standard fixities*  trên thanh công cụ. Hình dạng mẫu được thể hiện trong hình 3.76.



Hình 3.76: Hình dạng mẫu trong cửa sổ đầu vào

• **Bước 5: Khai báo các tính chất của vật liệu**

❖ Kích vào nút *Material sets* trên thanh công cụ. Chọn *Soil & interfaces* như *Set type*. Kích vào nút <New> để tạo một bộ dữ liệu mới.

- Đại diện cho lớp đất sét, nhập “Dat lap” cho mục *Identification* và chọn *Mohr - Coulomb* như là *Material model*.

- Nhập các đặc trưng của đất, như trong bảng 3.44, các hộp sắp xếp tương ứng của trình đơn *General and Parameters*.


- Kích vào mục *Interfaces*. Trong hộp *Strength*, chọn nút *Manual*. Nhập một giá trị 0.7 cho thông số R_{inter} .

- Kéo bộ dữ liệu “Dat lap” tới nhóm đất phía trên và để nó ở đó.

- Các lớp đất còn lại tiến hành tương tự.


❖ Thiết lập thông số trong cửa sổ *Material sets* từ *Beams* và kích vào nút <New>. Nhập “Cu larsen V” như một sự nhận dạng của bộ dữ liệu và nhập đặc trưng như thể hiện trong bảng 3.47. Kích vào nút OK để đóng bộ dữ liệu.

- Kéo bộ dữ liệu *Cu Larsen V* tới tường trong hình và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.

❖ Thiết lập thông số *Set type* trong cửa sổ *Material sets*  tới *Anchors* và kích vào nút <New>. Nhập “thanh neo 1” như một sự xác minh của bộ dữ liệu và nhập các đặc trưng như trong bảng 3.48. Kích nút OK để đóng bộ dữ liệu.


- Kéo bộ dữ liệu *thanh neo 1* tới liên kết giữa hai lớp cừ của dè vây, các liên kết chân cừ và đặt nó ngay khi con trỏ cho biết rằng việc đặt có thể. Đóng cửa sổ *Material sets*. Kích vào nút <OK> để áp dụng bộ dữ liệu.


• Bước 6: Chia lưới phần tử

- Kích vào nút *Generate mesh*  trên thanh công cụ. Một vài giây sau, một lưới thô được giới thiệu trong cửa sổ Output. Kích vào nút Update để quay trở lại đầu vào hình dạng.


- Từ thực đơn *Mesh*, chọn mục *Global coarseness*. Hộp kết hợp *Element distribution* được thiết lập là *Coarse*, mà nó là thiết lập mặc định. Kích vào nút <Update> để quay trở lại.

• Bước 7: Thiết lập điều kiện về mực nước

- Kích vào nút <Initial conditions>  trên thanh công cụ.

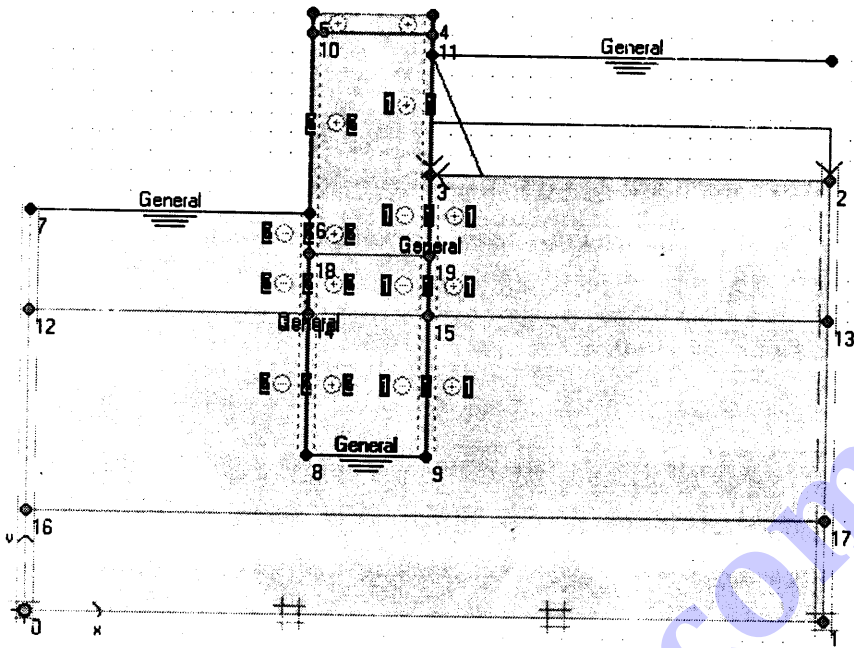
 Kích OK để chấp nhận giá trị mặc định của trọng lượng đơn vị thể tích nước, là 10 kN/m^3 . Kiểu *Groundwater conditions* sau đó sẽ hoạt động, trong đó, nút *Phreatic level* đã được lựa chọn. Bằng mặc định, mực nước ngầm *General* được sinh ra tại đáy của hình.

- Di chuyển con trỏ tới vị trí (40.0; 28.0) và kích phím trái chuột. Di chuyển 20m tới điểm bên phải (20.0; 28.0) và kích lần nữa. Di chuyển tới điểm (20.0; 8.0) và kích lần nữa. Di chuyển tới điểm (14.0; 8.0) và kích lần nữa. Di chuyển lên tới điểm (14.0; 20.0) và kích lần nữa. Di chuyển tới điểm bên phải (0.0; 20.0) và kích lần nữa. Kích phím chuột phải để kết thúc việc vẽ.

- Kích vào nút *Generate water generate*  (dấu cộng màu xanh) trên thanh công cụ. Bây giờ cửa sổ *Water pressure generation* xuất hiện.

- Từ cửa sổ *Water pressure generation*, chọn nút *Phreatic level* trong hộp *Generate* và kích vào nút OK.

- Sau sự xuất hiện của áp lực nước, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút Update để trở lại chế độ làm việc kiểu *Groundwater conditions*.



Hình 3.77: Hình dạng mẫu sau khi sinh áp lực nước

●● ở chế độ *Geometry configuration* kích vào nút *switch* trên thanh công cụ.

- Kích vào nút *Generate initial stresses* $++$ trong thanh công cụ. Hộp thoại *K₀ - procedure* xuất hiện.

- Giữ trọng lượng tổng cộng của đất bằng 1,0. Chấp nhận giá trị mặc định cho *K₀* và kích vào nút <OK>.

- Sau khi ứng suất tác dụng chính phát sinh, kết quả được hiển thị trong cửa sổ Output. Kích vào nút <Update> để trở lại chế độ kiểu *Initial configuration*.

- Kích vào nút <Calculate>. Chọn <Yes> trong trả lời câu hỏi về lưu dữ liệu và nhập một tên tệp thích hợp.

3.8.3. Quá trình tính toán

• Bước 8: Thiết lập giai đoạn tính toán

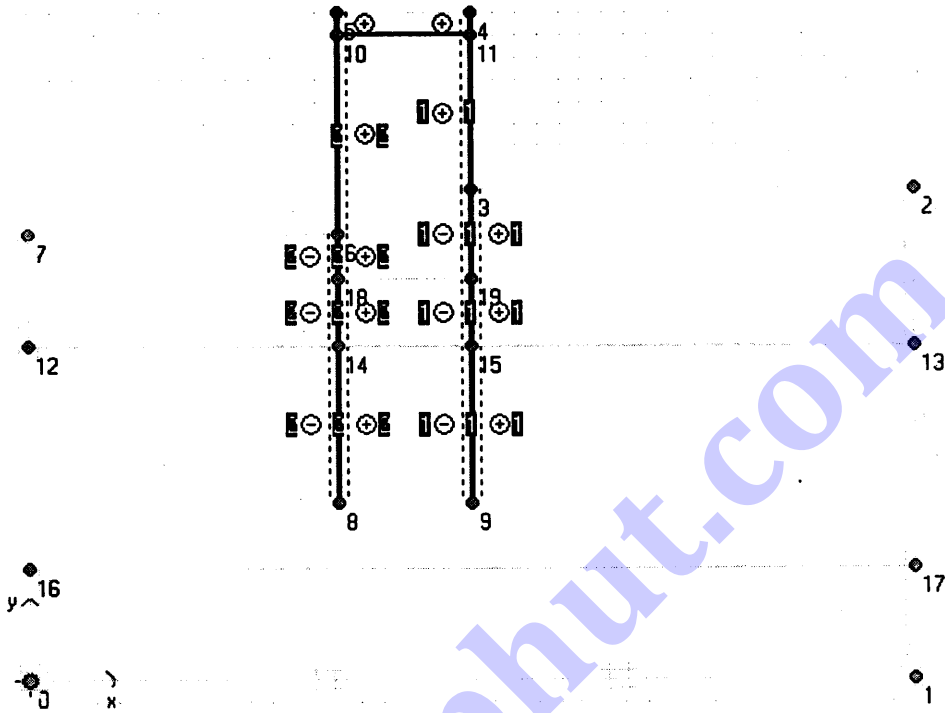
- Chọn giai đoạn tính toán đầu tiên và chấp nhận tất cả các mặc định trong trình đơn *General*.

- Trong trình đơn *Parameter*, giữ nguyên các giá trị mặc định cho *Control parameters* và *Iterative procedure*. Lựa chọn *Staged construction* từ hộp *Loading input*.

- Kích vào nút *Define*. Bây giờ, cửa sổ *Staged construction* xuất hiện, biểu thị hình dạng đầy đủ không kể đến tường, thanh liên kết.

- Kích vào nút Update để kết thúc quá trình định nghĩa. Kết quả là, cửa sổ *Staged construction* được đóng và cửa sổ *calculations* xuất hiện lại.

- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.



Hình 3.78: Hình dạng mẫu ở giai đoạn 1 (Phase 1)

• Bước 9: Chọn điểm

- Kích vào nút *Select points for curves*  trên thanh công cụ.

- Chọn một vài nút trên tường cừ tại các điểm mà độ võng lớn có thể xảy ra và kích vào nút <Update>.

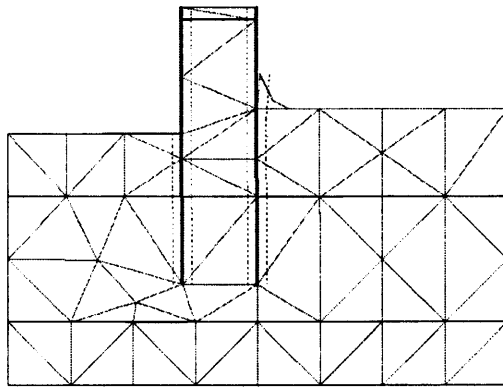
- Trong cửa sổ *Calculations*, kích vào nút <Calculate>.

3.8.4. Xem và xuất kết quả

• Bước 10: Xem nội lực, biến dạng, ứng suất của kết cấu đê vây

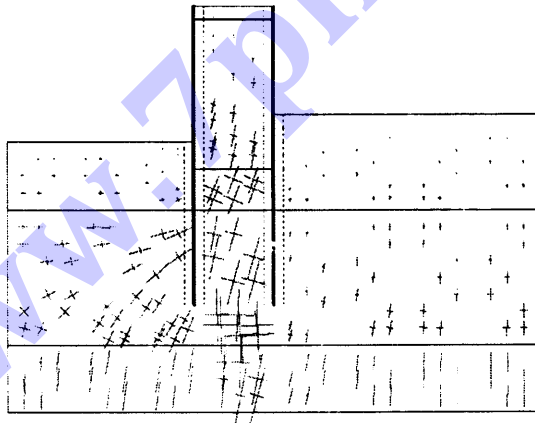
- Kích vào giai đoạn tính toán cuối cùng trong cửa sổ *Calculations*.

- Kích vào nút Output trên thanh công cụ. Kết quả, chương trình Output được bắt đầu, thể hiện biến dạng của lưới (phóng to) tại cuối của giai đoạn tính toán đã lựa chọn, với một biểu thị của chuyển vị lớn nhất (hình 3.79). Các tải trọng thể hiện bên trong hồ đào biểu thị áp lực nước vẫn còn.



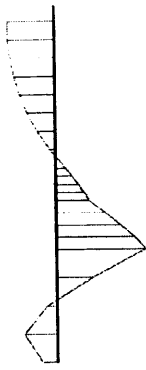
Hình 3.79: Lưới biến dạng

- Chọn *Total increments* từ thực đơn *Deformations*. Đồ thị thể hiện giá trị chuyển vị của tất cả các nút như hình các mũi tên. Chiều dài của các mũi tên biểu thị quan hệ độ lớn.
- Hộp kết hợp biểu diễn trong thanh công cụ gọi là *Arrows*. Chọn *Shadings* từ hộp kết hợp. Bây giờ, biểu đồ thể hiện màu sắc của giá trị chuyển vị. từ biểu đồ, một vùng biến dạng rất lớn xuất hiện phía sau tường.
- Chọn *Effective stresses* từ thực đơn *Stresses*. Đồ thị thể hiện độ lớn và chiều của ứng suất tác dụng chính, (xem hình 3.80).

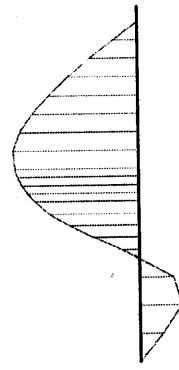


Hình 3.80: Ứng suất chính

- Để vẽ biểu đồ lực gây biến dạng và mômen uốn trong tường theo các bước sau đây:
- Kích đúp chuột vào tường. Một cửa sổ mới được mở thể hiện mômen uốn trong tường, với một sự biểu thị giá trị lớn nhất của mômen (xem hình 3.81).
 - Chọn *Shear forces* từ thực đơn *Forces*. Biểu đồ thể hiện lực cắt của cừ.
 - Chọn cửa sổ đầu tiên từ thực đơn *Window*. Kích đúp chuột vào thanh giằng. Một cửa sổ mới sẽ được mở thể hiện lực liên kết (kN/m).




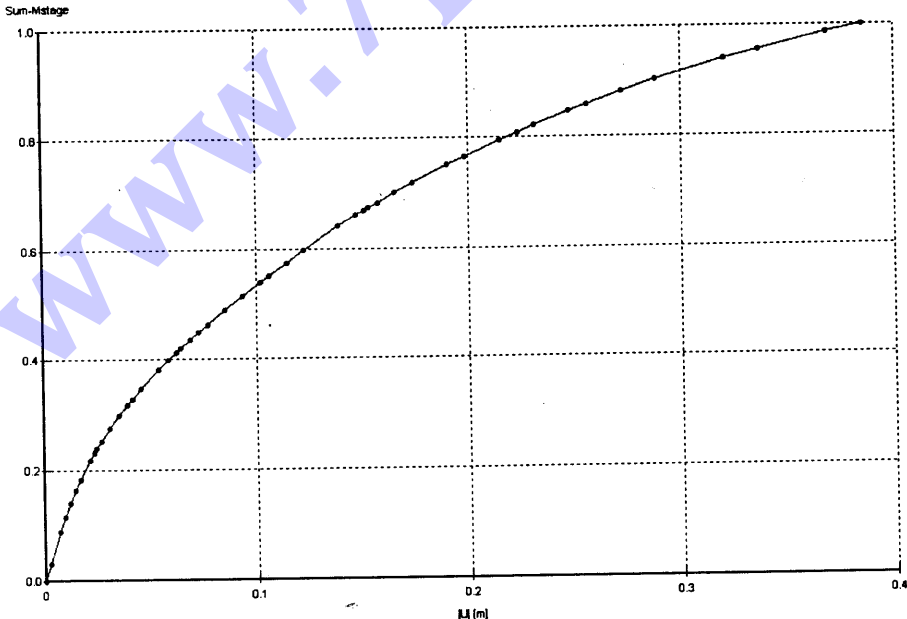
Hình 3.81: Biểu đồ mô men uốn của tường



Hình 3.82: Biểu đồ lực cắt trong tường


• **Bước 11: Xem biểu đồ biến đổi tải trọng của tường cừ**

- Kích vào nút *Go to curves program*  trên thanh công cụ.
- Chọn *New chart* từ hộp thoại *Create/Open project* và chọn tên tệp của bài toán hồ đào từ tệp tin yêu cầu.
- Trong cửa sổ *Curve generation*, chọn trong *X-axis* nút *Displacement* và điểm A và từ hộp kết hợp *Type* chọn kí hiệu U. Chọn trong *y-axis* nút *Multiplier* và từ hộp kết hợp Σ Mstage.
- Kích vào nút OK để chấp nhận dữ liệu đầu vào và sinh ra đường cong dịch chuyển tải trọng. Kết quả được thể hiện trong hình 3.83.




Hình 3.83: Đường cong biến đổi tải trọng của tường

• **Bước 12: Xem giá trị của nội lực, chuyển vị và ứng suất**

Muốn xem giá trị của chuyển vị ta kích vào nút **Table**  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Deformed Mesh*. Một bảng giá trị chuyển vị sẽ xuất hiện.


Bảng 3.49: Một phần giá trị chuyển vị của bài toán

Node	X [m]	Y [m]	U _x [10 ⁻³ m]	U _y [m]	ΔU _x [10 ⁻³ m]	ΔU _y [10 ⁻³ m]
1	14.000	30.000	-549.865	-0.040	-24.565	-1.352
2	14.000	29.750	-544.595	-0.040	-24.313	-1.352
3	14.000	29.500	-539.325	-0.040	-24.061	-1.352
4	14.000	29.250	-534.055	-0.040	-23.809	-1.352
5	14.000	27.875	-505.063	-0.040	-22.423	-1.352
6	14.000	26.750	-481.250	-0.040	-21.286	-1.352
7	14.000	25.625	-457.254	-0.040	-20.143	-1.352
8	14.000	29.000	-528.785	-0.040	-23.557	-1.352
9	14.000	24.500	-432.994	-0.040	-18.992	-1.352
10	14.000	23.375	-408.392	-0.040	-17.830	-1.352
11	14.000	22.250	-383.388	-0.040	-16.657	-1.352

Muốn xem giá trị của ứng suất ta kích vào nút **Table**  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Effective stresses*. Một bảng các giá trị ứng suất xuất hiện.

Bảng 3.50: Một phần giá trị ứng suất nền đất của bài toán

Cluster	Soil Element	Stress Point	X [m]	Y [m]	σ' _{xx} [kN/m ²]	σ' _{yy} [kN/m ²]	σ' _{xy} [kN/m ²]	σ' _{zz} [kN/m ²]	Status
1	Đà vùn	1	0.315	4.369	-33.941	-155.954	-1.411	-1.949	Elastic
		2	0.315	0.315	-5.064	-213.519	-1.262	-2.565	Elastic
		3	4.369	0.315	-4.813	-217.506	-16.879	-2.565	Elastic
		4	1.246	2.507	-21.087	-183.035	-5.231	-2.232	Elastic
		5	1.246	1.246	-12.019	-200.814	-5.047	-2.424	Elastic
		6	2.507	1.246	-11.791	-201.927	-10.070	-2.424	Elastic
		7	0.266	3.183	-25.889	-173.027	-1.142	-2.130	Elastic
		8	0.266	1.552	-14.338	-196.157	-1.087	-2.377	Elastic
		9	1.552	0.266	-4.651	-214.718	-6.177	-2.573	Elastic
		10	3.183	0.266	-4.564	-216.349	-12.486	-2.573	Elastic
		11	3.183	1.552	-13.754	-198.574	-12.797	-2.377	Elastic
		12	1.552	3.183	-25.723	-173.650	-6.672	-2.130	Elastic
2	Đà vùn	13	10.315	4.369	-15.112	-181.227	-40.161	-1.949	Elastic
		14	10.315	0.315	-4.846	-226.552	-33.135	-2.565	Tension
		15	14.369	0.315	-1.683	-453.312	27.619	-6.796	Tension

Muốn xem giá trị của nội lực ta kích vào nút *Table*  trên thanh công cụ trong cửa sổ *Bending Moment*. Một bảng giá trị nội lực sẽ xuất hiện.

Bảng 3.51: Một phần giá trị nội lực của cừ trước

Beam	Element	Node	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kNm/m]	Np [kN/m]	Mp [kNm/m]	
2	1	1	14.000	30.000	-0.418	0.891	0.000	N/A	N/A	
		Tuong cu	2	14.000	29.750	-4.207	1.038	0.243	N/A	N/A
		3	14.000	29.500	-7.963	1.100	0.512	N/A	N/A	
		4	14.000	29.250	-11.694	1.098	0.788	N/A	N/A	
		8	14.000	29.000	-15.410	1.054	1.057	N/A	N/A	
	2	8	14.000	29.000	-15.699	-208.209	1.057	N/A	N/A	
		Tuong cu	5	14.000	27.875	-33.306	-206.313	-232.784	N/A	N/A
		6	14.000	26.750	-54.433	-196.955	-460.327	N/A	N/A	
		7	14.000	25.625	-78.946	-180.412	-673.342	N/A	N/A	
		9	14.000	24.500	-106.714	-156.964	-863.689	N/A	N/A	
	3	9	14.000	24.500	-105.965	-156.100	-863.689	N/A	N/A	
		Tuong cu	10	14.000	23.375	-140.005	-123.821	-1022.115	N/A	N/A
		11	14.000	22.250	-176.228	-80.256	-1138.075	N/A	N/A	
		12	14.000	21.125	-212.511	-24.822	-1198.284	N/A	N/A	
		81	14.000	20.000	-246.730	43.064	-1189.239	N/A	N/A	
	4	81	14.000	20.000	-246.360	43.087	-1189.239	N/A	N/A	
		Tuong cu	82	14.000	19.500	-257.253	70.756	-1160.717	N/A	N/A
		83	14.000	19.000	-268.209	96.864	-1118.742	N/A	N/A	
		84	14.000	18.500	-279.479	121.526	-1064.071	N/A	N/A	
		143	14.000	18.000	-291.312	144.858	-997.438	N/A	N/A	

PHỤ LỤC

Phụ lục A. Trình tự tính toán

Các bước tính toán dựa trên ma trận độ cứng và ma trận đàn hồi

Nội dung	Công thức diễn giải
Dạng ma trận độ cứng	$\underline{\underline{K}} = \int \underline{\underline{B}}^T \underline{\underline{D}}^e \underline{\underline{B}} dV$
Bước tiếp theo	$i \rightarrow i+1$
Véc tơ tải trọng tiếp theo	$\underline{f}_{ex}^i = \underline{f}_{ex}^{i-1} + \Delta \underline{f}_{ex}^i$
Véc tơ phản lực tiếp theo	$\underline{f}_{in} = \int \underline{\underline{B}}^T \underline{\underline{\sigma}}_c^{i-1} dV$
Hiệu số	$\Delta \underline{f}_{ex}^i = \underline{f}_{ex}^i - \underline{f}_{in}$
Lượng gia tăng chuyển vị thiết lập lại	$\Delta \underline{v} = 0$
Bước lặp tiếp theo	$j \rightarrow j+1$
Giải chuyển vị	$\delta \underline{v} = \underline{\underline{K}}^{-1} \Delta \underline{f}$
Lượng gia tăng chuyển vị điều chỉnh	$\Delta \underline{v}^j = \Delta \underline{v}^{j-1} + \delta \underline{v}$
Tính toán lượng gia tăng biến dạng	$\Delta \underline{\underline{\epsilon}} = \underline{\underline{B}} \Delta \underline{v}$; $\delta \underline{\underline{\epsilon}} = \underline{\underline{B}} \delta \underline{v}$
Tính toán ứng suất: Đàn hồi	$\underline{\underline{\sigma}}^{tr} = \underline{\underline{\sigma}}_c^{i-1} + \underline{\underline{D}}^e \Delta \underline{\underline{\epsilon}}$
Trạng thái cân bằng	$\underline{\underline{\sigma}}^{ep} = \underline{\underline{\sigma}}_c^{i,j-1} + \underline{\underline{D}}^e \delta \underline{\underline{\epsilon}}$
Ứng suất toàn phần	$\underline{\underline{\sigma}}_c^{i,j} = \underline{\underline{\sigma}}^{tr} - \frac{\langle f(\underline{\underline{\sigma}}^{tr}) \rangle}{d} \underline{\underline{D}}^e \frac{\partial g}{\partial \underline{\underline{\sigma}}}$
Vec tơ phản lực	$\underline{f}_{in} = \int \underline{\underline{B}}^T \underline{\underline{\sigma}}_c^{i,j} dV$

Tính toán không cân bằng	$\Delta \underline{f} = \underline{f}_{\text{ex}}^i - \underline{f}_{\text{in}}$
Phương sai	$e = \frac{ \Delta \underline{f} }{ \underline{f}_{\text{ex}}^i }$
Kiểm tra độ chính xác	Nếu $e > e_{\text{tolerated}} \rightarrow$ bước lặp tiếp theo
Chuyển vị điều chỉnh	$\underline{v}^i = \underline{v}^{i-1} + \Delta \underline{v}$
Ghi dữ liệu đầu ra (kết quả)	
Nếu chu trình chưa kết thúc \rightarrow tiến hành bước tiếp theo	
Kết thúc.	

www.7phut.com

Phụ lục B. Các ký hiệu

<u>B</u>	Nội suy ma trận biến dạng
<u>D</u> ^c	Ma trận độ cứng vật liệu đàn hồi theo định luật Hook
f	Hàm hiệu suất
<u>f</u>	Vectơ tải trọng
g	Hàm thế đàn hồi
k	Hệ số thấm
K'	Hàm thấm suy giảm
<u>K</u>	Ma trận độ cứng
<u>K</u>	Ma trận lưu lượng dòng
<u>L</u>	Toán tử vi phân
<u>L</u>	Ma trận liên kết
<u>M</u>	Ma trận độ cứng của vật liệu
<u>N</u>	Ma trận của hàm hình dạng
p	Áp lực nước lỗ rỗng (chủ động và bị động)
<u>p</u>	Vectơ lực khối
q	Lưu lượng dòng chảy
<u>Q</u>	Véc tơ dòng chảy tại nút
<u>r</u>	Véc tơ thể hiện sự mất cân bằng
<u>R</u>	Ma trận độ thấm
t	Thời gian
<u>t</u>	Lực kéo vùng biên

\underline{u}	Vec tơ các thành phần chuyển vị
\underline{v}	Vectơ chuyển vị tại nút
V	Thể tích
w	Hệ số trọng lượng
γ	Trọng lượng riêng
$\underline{\varepsilon}$	Vec tơ các thành phần biến dạng
λ	Hệ số dẻo
$\xi\eta\zeta$	Toạ độ địa phương
$\underline{\sigma}$	Vec tơ các thành phần ứng suất
φ	Cột nước ngầm
ω	Hằng số tích phân ($\omega = 1$ hoặc $\omega = 0$)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Văn Đệ. *Cơ sở lý thuyết của phần mềm tính ổn định mái dốc SLOPE/W*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2001.
2. Đỗ Văn Đệ. *Hướng dẫn sử dụng phần mềm tính ổn định mái dốc SLOPE/W*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2001.
3. Đỗ Văn Đệ. *Các ví dụ mẫu của phần mềm tính ổn định mái dốc SLOPE/W*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2002.
4. Đỗ Văn Đệ (chủ biên), Vũ Quốc Hưng, Hoàng Văn Thắng. *Giới thiệu chương trình phân tích kết cấu STRAP*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2006.
5. Hồ Đình Thái Hoà. *Ứng dụng tin học trong thuyết minh, tính toán thiết kế kết cấu công trình SAP2000*. Nhà xuất bản Thống Kê, 2001.
6. Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh. *Phương pháp số trong chương trình phần mềm PLAXIS 3D & UDEC*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2007.
7. T.KARAMANXKI. *Phương pháp số trong cơ học kết cấu (tài liệu dịch)*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật Hà Nội 1995.
8. Nguyễn Mạnh Yên. *Phương pháp số trong cơ học kết cấu*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật Hà Nội 1996.
9. Đặng Tinh. *Phương pháp phần tử hữu hạn tính toán khung và móng công trình làm việc đồng thời với nền*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật Hà Nội 1999.
10. I.M. SMITH & D.V. GRIFFITHS. *Lập chương trình tính toán công trình xây dựng bằng phương pháp phần tử hữu hạn*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội 1997.
11. J. CONNOR, C.A. BREBBIA. *Finite Element Techniques for Fluid Flow*. NEWNES-BUTTERWORTHS. LONDON-BOSTON, 1997.
12. K.J. BATHE. *Finite Element procedures in Engineering analysis*. LONDON-BOSTON, 1988.
13. C.A. BREBBIA. *The boundary Element Method for Engineer*. LONDON-BOSTON, 1980.
14. R.B.J. Brinkgreve et al PLAXIS - *Finite Element Code for Soil and Rock Analyses*. A.A. BALKEMA/ROTT/BROOKFIELD. The Netherlands, 2002.
15. David M Pott & Lidija Zdravkovic. *Finite element analysis in geotechnical engineering - Theory*. Thomas Telford Ltd, London, 2001.
16. David M Pott & Lidija Zdravkovic. *Finite element analysis in geotechnical engineering - Application*. Thomas Telford Ltd, London, 2001.
17. Aubry D., Ozanam O. (1988). *Free-surface tracking through non-saturated models*. Proc. 6th International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Innsbruck, pp. 757-763.
18. Bakker K.J. (1989). *Analysis of groundwater flow through revetments*. Proc. 3rd International Symposium on Numerical Models in Geomechanics. Niagara Falls, Canada. pp. 367-374.

19. Bathe K.J., Koshgoftaar M.R. (1979). *Finite element free surface seepage analysis without mesh iteration*. Int. J. Num. An. Meth Geo, Vol. 3, pp. 13-22.
20. Biot M.A. (1956). *General solutions of the equations of elasticity and consolidation for porous material*. Journal of Applied Mechanics, Vol. 23 No. 2
21. Brinkgreve R.B.J. (1994). *Geomaterial Models and Numerical Analysis of Softening*. Dissertation. Delft University of Technology.
22. Desai C.S. (1976). *Finite element residual schemes for unconfined flow*. Int. J. Num. Meth. Eng., Vol. 10, pp. 1415-1418.
23. Li G.C., Desai C.S. (1983). *Stress and seepage analysis of earth dams*. J. Geotechnical Eng., Vol. 109, No. 7, pp. 946-960.
24. Riks E. (1979). *An incremental approach to the solution of snapping and buckling problems*. Int. J. Solids & Struct. Vol. 15, pp. 529-551.
25. Van Langen H. (1991). *Numerical analysis of soil-structure interaction* Dissertation. Delft University of Technology.
26. Vermeer P.A. (1979). *A modified initial strain method for plasticity problems*. Proc. 3rd Int. Conf. Num. Meth. Geomech. Balkema, Rotterdam, pp. 377-387.
27. Vermeer P.A., De Borst R. (1984). *Non-associated plasticity for soils, concrete and rock*. Heron, Vol. 29, No. 3.
28. Vermeer P.A., Van Langen H. (1989). *Soil collapse computations with finite elements*. Ingenieur-Archiv 59, pp. 221-236.
29. Van Langen H., Vermeer P.A. (1990). *Automatic step size correction for non-associated plasticity problems*. Int. J. Num. Meth. Eng. Vol. 29, pp. 579-598.
30. Zienkiewicz O.C. (1967). *The finite element method in structural and continuum mechanics*. McGraw-Hill, London, UK.
31. U.S. EPA: TRIM (1999). *TRIM, Total Risk Integrated Methodology. TRIM FATE Technical Support Document Volume I: Description of Module*. EPA/43/D-99/002A, Office of Air Quality Planning and Standards.
32. Peschl, G. M. (2004). *Reliability Analyses in Geotechnics with the Random Set Finite Element Method*. Institute for Soil Mechanics and Foundation Engineering, Graz University of Technology, Dissertation.
33. Moore, R. E. (1966). *Interval Analysis*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
34. Moore, R. E. (1979). *Methods and Applications of Interval Analysis*. SIAM Studies in Applied Mathematics: Philadelphia.
35. Alefeld, G.; Herzberger, J. (1983). *Introduction to Interval Computations*. Academic Press, New York.
36. Goos, G.; Hartmanis, J. (eds.) (1985). *Interval Mathematics 1985*. Springer Verlag, Berlin.
37. Neumaier, A. (1990). *Interval Methods for Systems of Equations*. Cambridge University Press, Cambridge.
38. Kearfott, R. B.; Kreinovich, V. (eds.) (1996). *Applications of Interval Computations*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

39. Jaulin, L.; Kieffer, M.; Didrit, O.; Walter, E. (2001). *Applied Interval Analysis*. Springer, London.
40. Kulpa, Z. (1997). Diagrammatic representation of interval space in proving theorems about interval relations. *Reliable Computing*, Vol. 3, No. 3, 209-217.
41. Ratschek, H.; Rokne, J. (1988). *New Computer Methods for Global Optimization*. Ellis Horwood Limited, Chichester.
42. Tuy, H. (1998). *Convex Analysis and Global Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
43. Dong, W.; Shah, H. C. (1987). Vertex method for computing functions of fuzzy variables. *Fuzzy Sets & Systems*, Vol. 24, 65-78.
44. R.B.J Brinkgreve et a PLAXIS - Finite Element Code for Soil and Rock Analyses - Scientific Manual

www.7phut.com

MỤC LỤC

<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1. Cơ sở lý thuyết trong phần mềm Plaxis	
1.1. Lý thuyết biến dạng	5
1.2. Lý thuyết dòng chảy ngầm	10
1.3. Lý thuyết cốt kết	13
1.4. Lập công thức cho các phân tử	18
Chương 2. Hướng dẫn sử dụng phần mềm Plaxis	
2.1. Đặc điểm chung	25
2.2. Yêu cầu kỹ thuật và cài đặt phần mềm	55
2.3. Tổng quan về giao diện của phần mềm	56
2.4. Trình tự giải một bài toán bằng phần mềm Plaxis	61
Chương 3. Các ví dụ mẫu điển hình giải bài toán công trình thủy công bằng phần mềm Plaxis	
3.1. Trình tự tính toán bằng phần mềm Plaxis	72
3.2. Bài toán kết cấu hố đào sử dụng thanh chống phục vụ thi công ụ tàu	73
3.3. Bài toán kết cấu hố đào khô sử dụng tường chắn có giằng neo phục vụ thi công cầu chui, tầng hầm	88
3.4. Bài toán kết cấu đê vây bằng đất sét đắp không thấm nước	104
3.5. Bài toán đê vây đất đắp có cừ chống thấm	115
3.6. Bài toán bến cảng sử dụng kết cấu tường cừ đơn	124
3.7. Bài toán bến cảng sử dụng kết cấu tường cừ kép	136
3.8. Bài toán kết cấu đê vây tường cừ kép	147
Phụ lục	160
Tài liệu tham khảo	164

PHẦN MỀM PLAXIS ỨNG DỤNG VÀO TÍNH TOÁN CÁC CÔNG TRÌNH THỦY CÔNG

(Tái bản)

Chịu trách nhiệm xuất bản :

TRỊNH XUÂN SƠN

Biên tập : **VŨ HỒNG THANH**

Chế bản : **TRẦN THU HOÀI**

Sửa bản in : **VŨ HỒNG THANH**

Trình bày bìa : **NGUYỄN HỮU TÙNG**

In 300 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 36-2013/CXB/602-158/XD ngày 05-01-2013. Quyết định xuất bản số 217-2013/QĐXB ngày 12-9-2013. In xong nộp lưu chiểu tháng 9-2013.