

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP VÀ PHÂN TÍCH ỨNG SUẤT CỦA ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC TRÊN MÓNG CỌC

ThS. Lý Minh Dương - Bộ môn Sức bền - Kết cấu, ĐHTL

Tóm tắt: Đập bê tông trọng lực được xây dựng khá phổ biến ở nhiều công trình hồ chứa. Thông thường, đập bê tông trọng lực được đặt trên nền đá tốt, song trong thực tế triển khai một số công trình tầng đá gốc nằm khá sâu, trên nó là tầng đất yếu hoặc xen kẽ các tầng đất yếu. Để đảm bảo an toàn cho đập và nền, giải pháp được suy nghĩ đến là sử dụng cọc để truyền tải trọng tác dụng vào đập xuống nền đá gốc hoặc nền ở dưới sâu. Nội dung bài báo này đề cập đến việc nghiên cứu, tính toán ứng suất biến dạng của kết cấu đập bê tông trọng lực trên móng cọc, từ đó áp dụng tính toán đập tràn của công trình thủy lợi Đá Hàn (Hà Tĩnh).

1. Đặt vấn đề

Nền đất yếu và nền có lớp xen kẽ yếu là yếu tố gây nhiều khó khăn cho việc xây dựng các công trình bê tông khối lớn trong đó có công trình thủy lợi, song loại nền này lại khá phổ biến ở nước ta. Hiện nay, trong thực tế xây dựng công trình, việc phải tiến hành xây dựng các công trình lớn ở các vị trí địa chất bất lợi trở thành vấn đề thách thức, vì vậy yêu cầu cấp bách đặt ra cho các kỹ sư và những nhà nghiên cứu là phải tìm được các giải pháp thích hợp để có thể xây dựng được công trình trong điều kiện địa chất bất lợi đó.

Giải pháp móng cọc với các cọc là cọc đóng đã được áp dụng nhiều cho các kết cấu công và trạm bơm ở vùng đồng bằng, giải pháp cọc khoan nhồi được áp dụng nhiều cho kết cấu nhà cao tầng và cầu. Với đập trọng lực, vấn đề được đặt ra là hình thức kết cấu nào của đập trên móng cọc là hợp lý và cần phân tích ứng xử của hệ kết cấu đập-móng-nền sát với thực tế để đảm bảo an toàn cho đập.

Với đề tài này tác giả nghiên cứu một hướng đi mới trong việc thiết kế và xây dựng đập BTTL trên nền đất yếu, nhằm đóng góp vào việc giải quyết các vấn đề trên, tác giả sẽ nghiên cứu lựa chọn giải pháp hợp lý cho kết cấu đập trọng lực trên móng cọc và tìm hiểu việc phân tích ứng suất của hệ kết cấu đập-cọc-nền phục vụ cho việc đánh giá an toàn về độ bền và thiết kế [1].

2. Một số đặc điểm khi thiết kế đập bê tông trọng lực trên nền đất yếu

Đập BTTL xây dựng trên nền đất yếu khác với đập BTTL xây dựng trên nền đá ở điểm cơ bản sau: đập trên nền đất yếu thường có đáy rộng hơn, do sức kháng trượt của nền nhỏ và tải trọng đơn vị cho phép bé và nhằm đảm bảo sự phân bố ứng suất đồng đều trên toàn bộ mặt tiếp xúc của nền với công trình.

Do đó, việc xây dựng các đập cao trên nền đất yếu thường tốn kém và nhiều khi không thể thực hiện được (chiều cao đập thường không vượt quá $40 \div 50\text{m}$). Vì vậy, khi thiết kế loại đập này cần xem xét kỹ các đặc trưng địa kỹ thuật của vật liệu nền. Với giải pháp xây dựng đập trên hệ móng cọc thì một số vấn đề khó khăn ở trên có thể được giải quyết phần nào, có thể làm giảm bớt khối lượng vật liệu xây đập bằng cách sử dụng hình

thức *đập rỗng* vì liên kết giữa đập và nền thông qua hệ cọc có thể đảm bảo an toàn cho đập về mặt ổn định cũng như về sức chịu tải của nền.

Hơn thế nữa móng cọc là một trong những loại móng được sử dụng khá rộng rãi hiện nay. Người ta có thể đóng, hạ những cây cọc lớn xuống các tầng đất sâu, nhờ đó làm tăng khả năng chịu tải trọng lớn cho móng. Móng cọc đã được sử dụng từ rất sớm, khoảng 1200 năm trước. Ngày nay, cùng với sự tiến bộ về khoa học kỹ thuật nói chung, móng cọc ngày càng được cải tiến và hoàn thiện, đa dạng về chủng loại cũng như phương pháp thi công như: cọc đóng, cọc ép, cọc khoan nhồi v.v... nên có thể sử dụng làm móng cho các công trình có điều kiện địa chất phức tạp mà các loại móng nông không đáp ứng được thậm chí còn được sử dụng ở các công trình trên sông, trên biển v.v...[1]

3. Phương pháp tính toán ứng suất biến dạng cho công trình

Sau khi phân tích ưu nhược điểm của từng phương pháp thường được sử dụng để tính toán ứng suất và biến dạng cho công trình như: phương pháp giải tích, phương pháp số (cụ thể là phương pháp phần tử hữu hạn), phương pháp thực nghiệm nhận thấy phương pháp PTHH giải được các bài toán có biên phức tạp, phản ánh sát thực hơn với thực tế làm việc của kết cấu và cho kết quả có độ chính xác cao. Với phương pháp này có thể nghiên cứu được bài toán kết cấu cùng làm việc với nền có nhiều lớp xen kẽ có tính chất cơ lý khác nhau, chịu tải trọng và có điều kiện biên bất kỳ.

Trong phạm vi bài báo này tác giả sử dụng phương pháp PTHH để giải bài toán đập BTTL làm việc đồng thời với nền và cọc.

4. Phân tích ứng suất và biến dạng của kết cấu đập bê tông trọng lực trên móng cọc bằng phương pháp PTHH [2].

a) Hàm chuyển vị và ma trận hàm dạng của phần tử với bài toán không gian

$$U(x, y, z) = \alpha_1 \varphi_1(x, y, z) + \alpha_2 \varphi_2(x, y, z) + \dots + \alpha_m \varphi_m(x, y, z) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \varphi_i(x, y, z) \quad (1)$$

trong đó:

- $\varphi_i(x, y, z)$ - hàm chứa tọa độ x, y, z của điểm M bất kỳ trong phần tử;
- α_i - là hệ số hằng của đa thức;

$$\{\bar{U}\} = [P] \cdot [C]^{-1} \cdot \{\Delta\}_e = [N] \cdot \{\Delta\}_e \quad (2)$$

trong đó:

- $[N] = [P] \cdot [C]^{-1}$ - ma trận hàm dạng, chứa các tọa độ $x_i, y_i, z_i \dots$ của các điểm nút của phần tử và các biến x, y, z là tọa độ của điểm bất kỳ M đang xét.
- $[P]$ - ma trận chứa các tọa độ x, y, z của điểm bất kỳ đang xét.
- $[C]$ - ma trận tọa độ thu được bằng cách lần lượt thay các tọa độ nút và chuyển vị nút tương ứng vào biểu thức (2)
- $\{\Delta\}_e$ - véc tơ chuyển vị nút phần tử

b) Véc tơ biến dạng và véc tơ ứng suất tại một điểm trong phần tử

Trong lý thuyết đàn hồi quan hệ giữa biến dạng và chuyển vị được viết dưới dạng ma trận:

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = [\partial] \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = [\partial] \{U\} \quad (3)$$

trong đó, $[\partial]$ là ma trận toán tử đạo hàm.

Với vật liệu đàn hồi tuyến tính, đồng chất và đẳng hướng quan hệ giữa ứng suất và biến dạng được viết dưới dạng ma trận:

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix} = [D] \{\varepsilon\} \quad (4)$$

trong đó, $[D]$ là ma trận các hằng số đàn hồi của vật liệu.

Trên cơ sở các biểu thức (2), (3), (4) và nguyên lý cực tiểu của thế năng biến dạng toàn phần thiết lập được hệ phương trình cơ bản của bài toán như sau:

$$[K] \{\Delta\} = \{F\} \quad (5)$$

trong đó,

- $[K]$ - ma trận cứng của toàn kết cấu.;
- $\{\Delta\}$ - véc tơ chuyển vị nút của toàn kết cấu.
- $\{F\}$ - véc tơ tải trọng nút của toàn kết cấu.

Giải hệ phương trình (5), sau khi xét đến ràng buộc của các chuyển vị trên biên, tìm được véc tơ chuyển vị nút của toàn kết cấu $\{\Delta\}$. Sau đó xác định được, ứng suất của điểm bất kỳ trong kết cấu.

5. Tính toán ứng suất biến dạng của đập Đá Hàn-Hà Tĩnh [3]

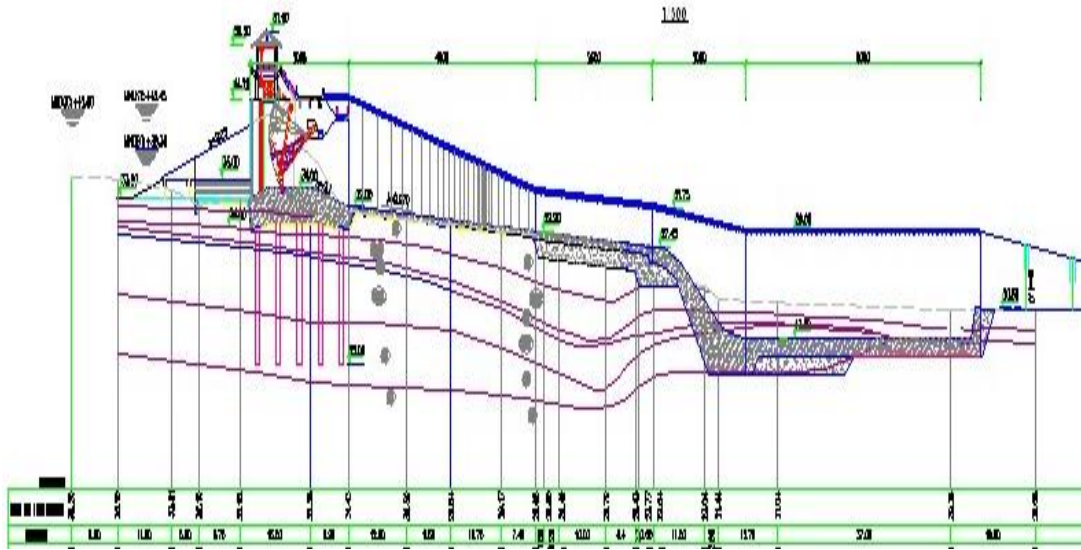
Trong báo cáo này tác giả sử dụng phần mềm SAP 2000 v12 để tính toán ứng suất biến dạng cho đập tràn Đá Hàn- Hà Tĩnh (hình. 1, 2) với mô hình bài toán không gian có xét

đến sự làm việc đồng thời của hệ đập-cọc-nền (hình. 3, 4) dưới tác dụng của các tải trọng tác dụng vào đập, trong đó:

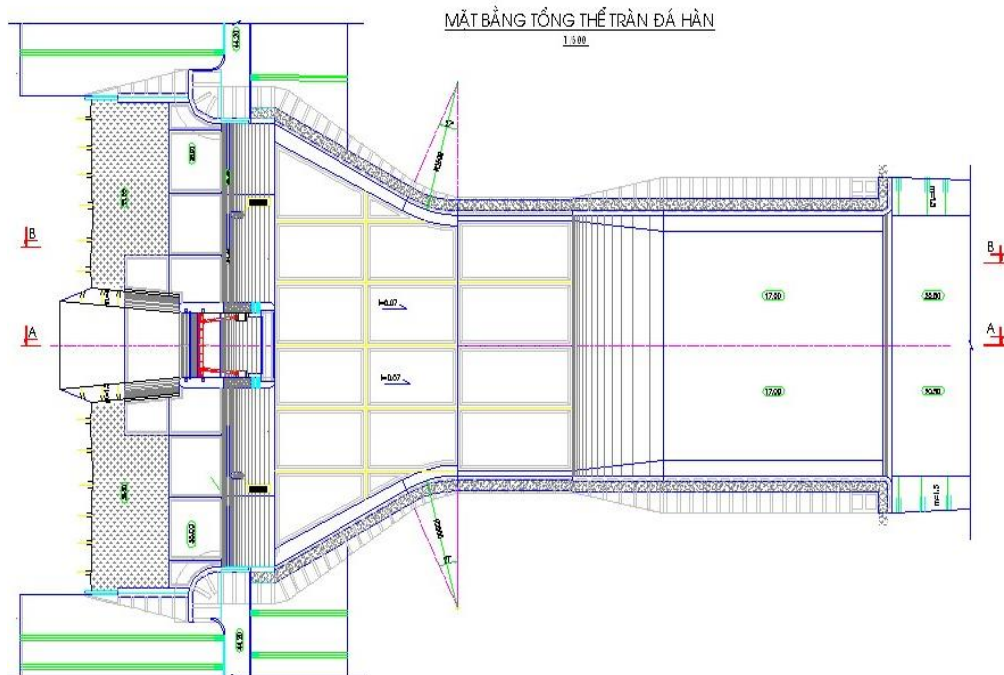
- + Cọc được mô tả bằng các phần tử Frame.
- + Đập và nền được mô tả bằng các phần tử Solid.

Kết quả tính toán gồm:

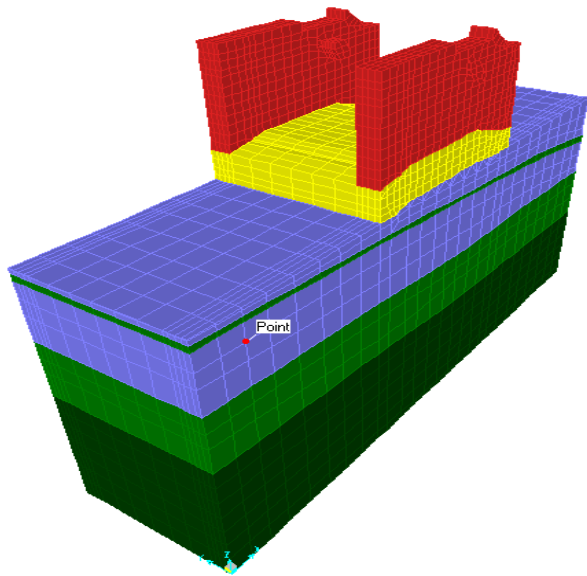
- + Lực dọc, lực cắt, mô men uốn trong cọc.
- + Ứng suất trong đập, nền và chuyển vị của toàn kết cấu.



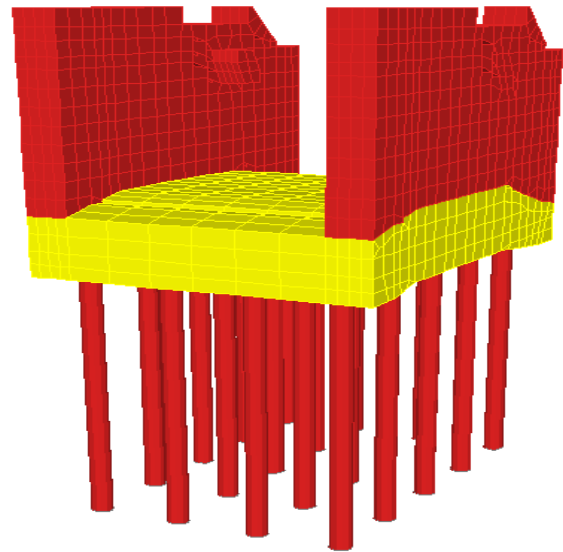
Hình 1: Mặt cắt dọc đập tràn Đá Hàn-Hà Tĩnh



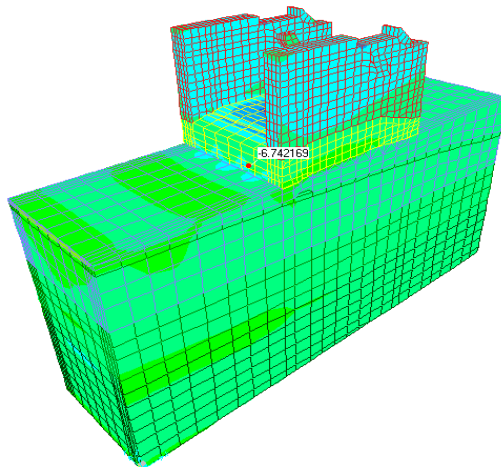
Hình 2: Mặt bằng đập tràn Đá Hàn-Hà Tĩnh



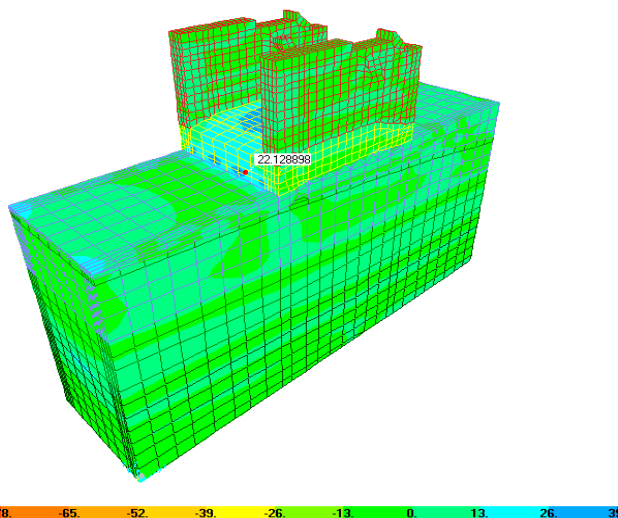
Hình 3: Mô hình tính toán đập tràn Đả Hàn



Hình 4: Hệ thống cọc nằm trong nền



Hình 5: Phổ ứng suất S_{11} (T/m^2)



Hình 6: Phổ ứng suất S_{22} (T/m^2)

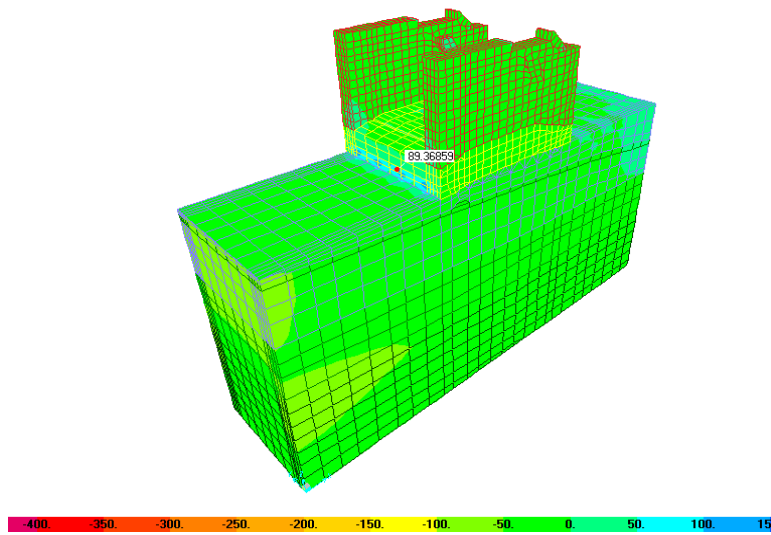
6. Một số kết quả tính toán ứng suất biến dạng cho đập Đả Hàn-Hà Tĩnh

Các hình từ 5 đến 7 biểu diễn kết quả tính ứng suất cho đập và nền. Các hình từ 8 đến 10 biểu diễn kết quả tính nội lực trong cọc. Hình 11 biểu diễn chuyển vị của hệ kết cấu cho trường hợp MNDBT.

7. Kết luận

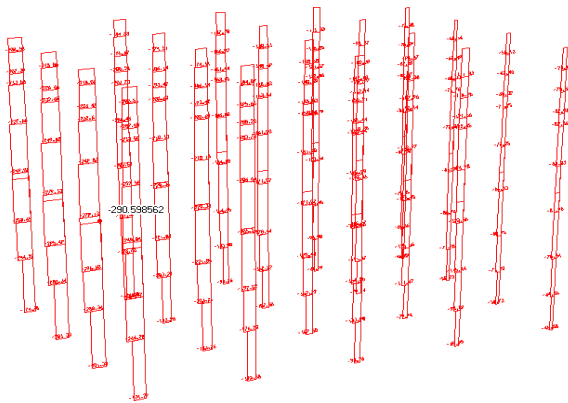
Việc tính toán được thực hiện với mô hình không gian, có xét tới sự làm việc đồng thời của hệ đập-nền-cọc. Do vậy phản ánh được sát thực hơn sự làm việc thực tế của đập. Kết quả tính toán nội lực và ứng suất-biến dạng cho ta thấy với số lượng và vị trí cọc đã bố trí nội lực ở trong các cọc vẫn còn nhỏ hơn cường độ chịu lực của bê tông và cốt thép trong cọc ứng với các trường hợp tính toán ở trên.

Ứng suất tính toán tại các

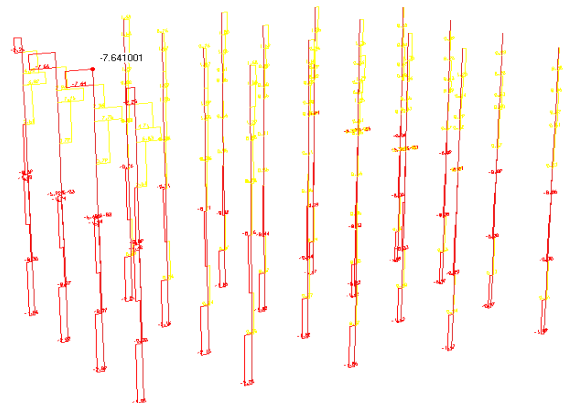


Hình 7: Phổ ứng suất S33 (T/m²)

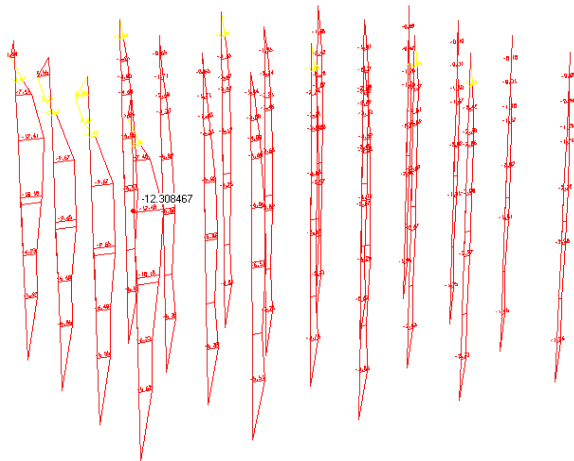
mặt trần vẫn nằm trong giới hạn cho phép cường độ chịu lực của bê tông xây dựng trần. Do vậy chỉ cần đặt thép cấu tạo cho trần để đảm bảo an toàn chung. Đặc biệt ứng suất tại mặt đáy của trần và nội lực tại đầu cọc tiếp xúc với đáy trần cũng đảm bảo điều kiện liên kết giữa cọc và công trình trần. Qua đó không xảy ra trượt cắt qua các phần liên kết giữa đầu cọc và trần, đảm bảo an toàn cho công trình.



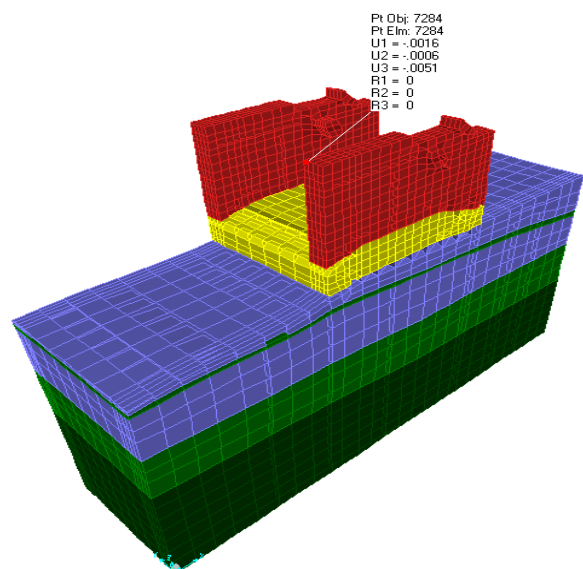
Hình 8: Biểu đồ lực dọc trong hệ cọc (T)



Hình 9: Biểu đồ lực cắt theo phương dòng chảy (2-2) trong hệ cọc (T)



Hình 10: Biểu đồ mô men uốn trong hệ cọc quanh trục 3 (T.m)



Hình 11: Chuyển vị tại điểm đỉnh trụ pin

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lý Minh Dương 2011. Luận văn thạc sĩ “ Nghiên cứu giải pháp và phân tích ứng suất của kết cấu đập bê tông trọng lực trên móng cọc”, Đại học Thủy Lợi.
2. Lý Trường Thành (2010), “*Phân tích ứng suất*”, NXB Khoa học tự nhiên và công nghệ.
3. *Thuyết minh điều chỉnh dự án đầu tư 2010- Hệ thống thủy lợi Đá Hàn, Hà Tĩnh.*

Abstract

Structural concrete gravity dam was built popularly in many reservoirs. Generally, the concrete gravity dam was placed on good rock, but in some cases, the bedrock is relatively deep, above it is the weak soil layers or alternant weak soil layers. In order to ensure the safety of dam and foundation, the solution which was thought was using piles to transmit the loads acting on dam to bedrock or into the deep foundation. The contents of this report refers to a stress-strain analysis of structural concrete gravity dam on pile foundation and an application for the spillway of Dahan project in Ha tinh .