OpenPT

Hướng dẫn sử dụng

Giờ làm việc đầu tiên với OpenPT: phần bắt đầu nhanh và ba ví dụ, trình bày từng bước trên màn hình: sàn phẳng ứng lực trước từ tệp INP, sàn phẳng bê tông cốt thép thiết kế theo TCVN 5574:2018, và sàn phẳng ứng lực trước có mũ cột dựng từ mô hình trống.

Ấn bản cho bản dựng ngày 2026-11-28
Ngày tài liệu: 2026-11-28
Mọi trường nhập liệu, công thức và giới hạn của chương trình được mô tả trong OpenPT User Manual.

Phiên bản. Ấn bản cho bản dựng ngày 2026-11-28. Ngày tài liệu 2026-11-28.

Miễn trừ trách nhiệm. OpenPT là công cụ hỗ trợ kỹ sư kết cấu. Kỹ sư vẫn chịu trách nhiệm về mô hình, số liệu đầu vào, việc chọn tiêu chuẩn thiết kế và việc kiểm tra mọi kết quả trước khi sử dụng. Chương trình và tài liệu này được cung cấp không kèm bảo đảm rằng kết quả phù hợp cho một mục đích cụ thể.

Bản quyền. © 2026 Đặng Việt Hưng và Nguyễn Trường Thắng. Bảo lưu mọi quyền. OpenPT là phần mềm độc quyền; việc sử dụng tuân theo Thoả thuận cấp phép người dùng cuối của OpenPT.

Nhãn hiệu. ADAPT, ADAPT-Builder, ADAPT-Floor Pro và ADAPT-PT là nhãn hiệu của RISA Tech, Inc. SAFE, ETABS và SAP2000 là nhãn hiệu của Computers and Structures, Inc. Revit và AutoCAD là nhãn hiệu của Autodesk, Inc. Tên các chương trình, công ty và tiêu chuẩn thiết kế khác thuộc về chủ sở hữu của chúng. Các tên này chỉ được nêu để chỉ rõ định dạng tệp mà OpenPT đọc hoặc ghi. OpenPT là sản phẩm độc lập, không liên kết với, không được tài trợ hay xác nhận bởi bất kỳ công ty nào nêu trên.

Hình ảnh. Các hình chụp màn hình trong tài liệu được chụp từ chính OpenPT, với giao diện tiếng Việt, trên các mô hình ví dụ tự tạo. Màn hình của người dùng có thể khác về kích thước và màu sắc.

Mục lục

1 Giới thiệu

Cách đọc các bước

2 Bắt đầu nhanh

Mở mô hình
Cửa sổ chương trình
Chọn ngôn ngữ giao diện
Chia lưới
Phân tích và xem độ võng
Lưu

3 Ví dụ 1: Sàn phẳng ứng lực trước

Bước 1. Mở mô hình và kiểm tra
Bước 2. Xem cáp
Bước 3. Kiểm tra tải trọng, tiêu chuẩn và tổ hợp
Bước 4. Chia lưới và phân tích
Bước 5. Dải và tiết diện thiết kế
Bước 6. Thiết kế tiết diện
Bước 7. Tạo cốt thép
Bước 8. Kiểm tra chọc thủng
Bước 9. Xuất thuyết minh và lưu

4 Ví dụ 2: Sàn phẳng BTCT thiết kế theo TCVN

Bước 1. Nhập tệp F2K
Bước 2. Chọn tiêu chuẩn và cốt thép chống chọc thủng
Bước 3. Tạo dải thiết kế
Bước 4. Chia lưới và phân tích
Bước 5. Độ võng toàn phần theo TCVN
Bước 6. Thiết kế cốt thép sàn
Bước 7. Chọc thủng có cốt thép
Bước 8. Báo cáo và lưu

5 Ví dụ 3: Sàn phẳng ứng lực trước dựng từ mô hình trống

Bước 1. Tạo mô hình mới và chọn tiêu chuẩn
Bước 2. Tạo lưới trục
Bước 3. Vẽ cột, sàn và mũ cột
Bước 4. Khai báo trường hợp tải
Bước 5. Khai báo tổ hợp tải
Bước 6. Khai báo vật liệu
Bước 7. Gán tải phân bố vùng và tải phân bố đường
Bước 8. Vẽ cáp ứng lực trước
Bước 9. Chia lưới
Bước 10. Phân tích
Bước 11. Xem độ võng
Bước 12. Độ võng toàn phần theo TCVN
Bước 13. Tạo dải thiết kế tự động
Bước 14. Chạy thiết kế
Bước 15. Tính thép theo bao tổ hợp cường độ

Bước 16. Hiện thép tính toán trên mặt bằng
Bước 17. Xuất thuyết minh đầy đủ và lưu
Tìm hiểu thêm

CHƯƠNG 1

Giới thiệu

OpenPT phân tích và thiết kế sàn ứng lực trước (căng sau) và sàn bê tông cốt thép bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Người dùng nhập mô hình sàn, chia lưới, phân tích, thiết kế theo dải, kiểm tra chọc thủng và xuất thuyết minh tính toán dạng Word. Các tiêu chuẩn thiết kế: TCVN 5574:2018, EC2 và ACI 318.

Tài liệu này được viết ngắn gọn có chủ đích. Nó trình bày những việc thường làm nhất, theo đúng thứ tự thực hiện:

Chương	Nội dung	Thời gian
Bắt đầu nhanh	Mở mô hình, làm quen cửa sổ, chia lưới, phân tích, lưu	10 phút
Ví dụ 1	Sàn phẳng ứng lực trước từ tệp INP: cáp, tải trọng, dải, thiết kế, cốt thép, chọc thủng, thuyết minh	30 phút
Ví dụ 2	Sàn phẳng bê tông cốt thép từ tệp F2K, thiết kế theo TCVN: dải, độ võng toàn phần, cốt thép sàn, cốt thép chống chọc thủng	30 phút
Ví dụ 3	Sàn phẳng ứng lực trước có mũ cột dựng từ mô hình trống: lưới trục, cột, sàn, mũ cột, trường hợp tải và tổ hợp, vật liệu, tải trọng, cáp, phân tích, độ võng toàn phần theo TCVN, thiết kế, cốt thép, thuyết minh	60 phút

OpenPT User Manual mô tả mọi lệnh, trường nhập liệu, giá trị mặc định và giới hạn. Lệnh **Trợ giúp ▾ ▸ Tài liệu…** mở cuốn đó và tài liệu này.

Cách đọc các bước

- Lệnh được viết theo dạng **Thẻ ▸ Nhóm ▸ Nút**, ví dụ **Phân tích ▸ Chạy ▸ Phân tích**. Lệnh trong menu Tệp được viết **Tệp ▸ Nhập ▸ Nhập mô hình (FDB, ADM, …)**; menu Trợ giúp ở đầu phải hàng thẻ được viết **Trợ giúp ▾** .
- Trong hình, **khung đỏ** đánh dấu chỗ cần bấm ở bước đó. Các số tròn màu xanh chỉ vào các phần được nêu trong bài.
- Chữ **đậm** là chữ trên màn hình. `MySlab.INP` và `MyTower_L10.F2K` là tên tệp ví dụ; người dùng thay bằng tệp của mình.

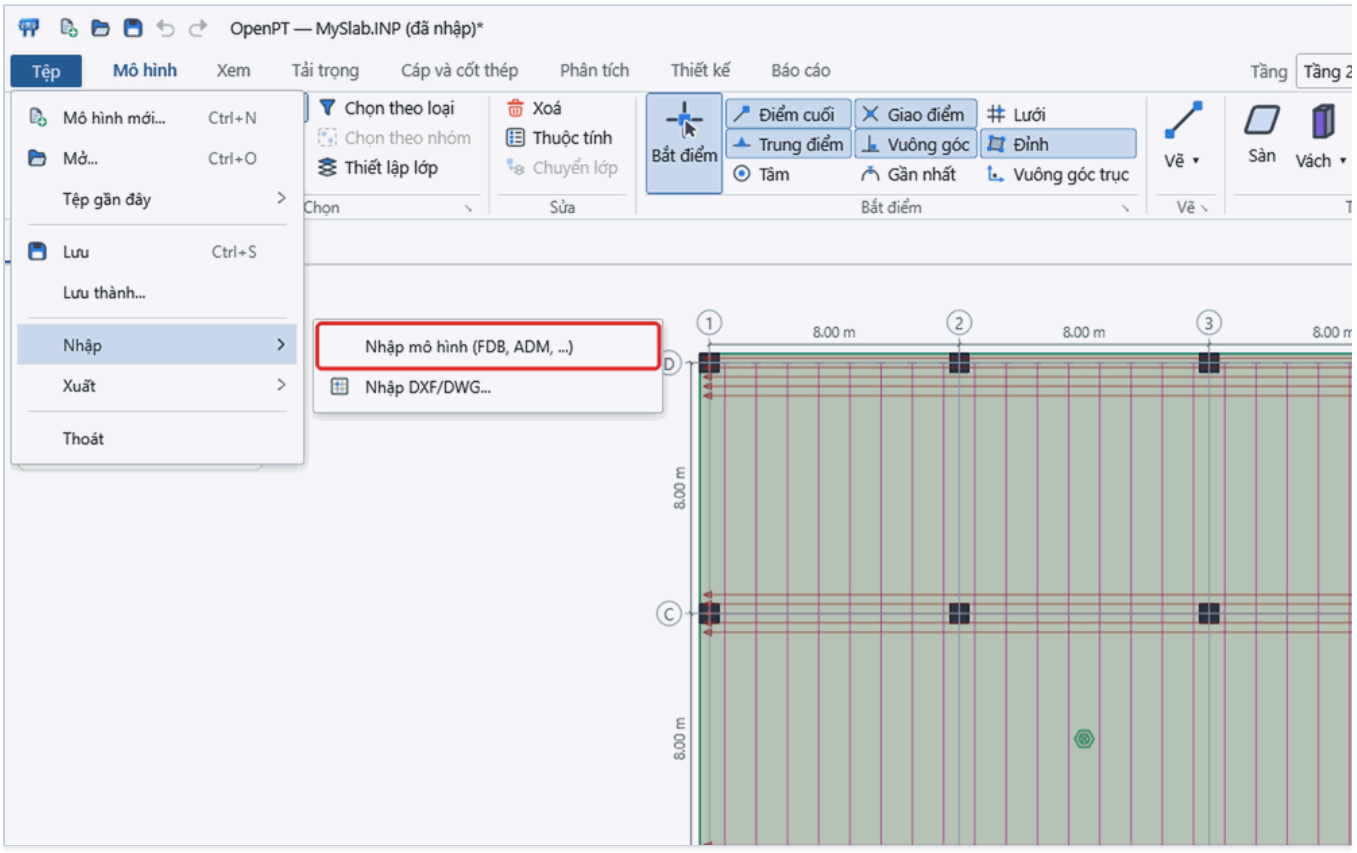
CHƯƠNG 2

Bắt đầu nhanh

Mục tiêu: mở một mô hình, làm quen các phần của cửa sổ, chia lưới, phân tích, xem độ võng và lưu.
Cần có: OpenPT đã cài đặt và kích hoạt bản quyền, và một mô hình sàn, ví dụ `MySlab.INP`.

Mở mô hình

1. Khởi động OpenPT từ menu Start hoặc biểu tượng trên màn hình.
2. Bấm **Tệp** ▸ **Nhập** ▸ **Nhập mô hình (FDB, ADM, ...)** (Hình 2-1).
3. Chọn `MySlab.INP` và bấm **Open**.

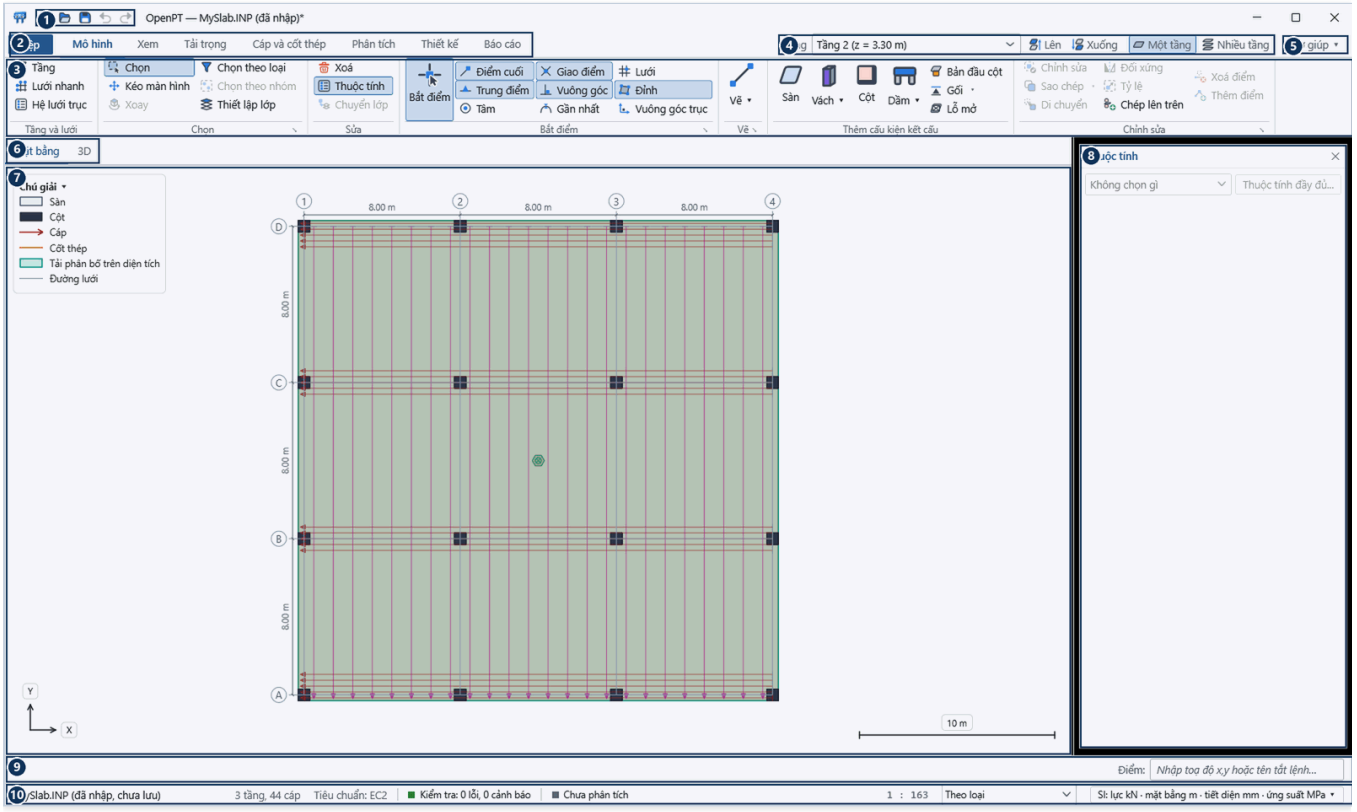


Hình 2-1. Menu Tệp với lệnh Nhập mô hình (FDB, ADM, ...)

OpenPT đọc các tệp INP, ADM, F2K, $sf và FDB. Mô hình được mở thành một mô hình OpenPT mới **chưa đặt tên**; tệp gốc không bao giờ bị thay đổi. Tệp dự án riêng của OpenPT có đuôi `.optp`, mở bằng **Tệp** ▸ **Mở** (Ctrl+O).

> **Mẹo:** có thể kéo thả tệp mô hình vào cửa sổ.

Cửa sổ chương trình

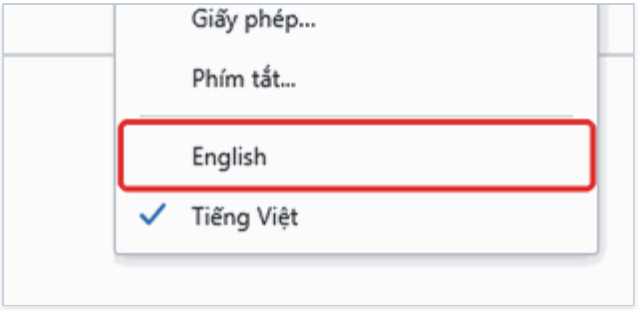


Hình 2-2. Cửa sổ OpenPT sau khi mở mô hình

1. **Nút truy cập nhanh:** Tạo mới, Mở, Lưu, Hoàn tác, Làm lại.
2. **Nút Tệp và các thẻ:** Mô hình, Xem, Tải trọng, Cáp và cốt thép, Phân tích, Thiết kế và Báo cáo. Công việc trong tài liệu này đi lần lượt từ trái sang phải theo các thẻ.
3. **Thanh ribbon:** các nút của thẻ đang mở, xếp theo nhóm có tên.
4. **Điều khiển tầng:** tầng đang hiển thị, Lên tầng trên, Xuống tầng dưới, và chế độ phân tích Một tầng hoặc Nhiều tầng.
5. **Trợ giúp ▾ :** tài liệu, phím tắt, bản quyền và ngôn ngữ giao diện.
6. **Mặt bằng và 3D:** hai khung nhìn của mô hình.
7. **Vùng vẽ.** Lăn chuột để phóng to, thu nhỏ; giữ nút giữa và kéo để dịch chuyển; bấm chuột trái để chọn; Esc để kết thúc lệnh.
8. **Khung thuộc tính:** thuộc tính của đối tượng đang chọn (Ctrl+Shift+P để ẩn hoặc hiện).
9. **Thanh lệnh:** dòng nhắc của lệnh đang chạy và ô **Điểm:** để nhập toạ độ.
10. **Thanh trạng thái:** kết quả kiểm tra mô hình, trạng thái phân tích, toạ độ con trỏ và đơn vị.

Chọn ngôn ngữ giao diện

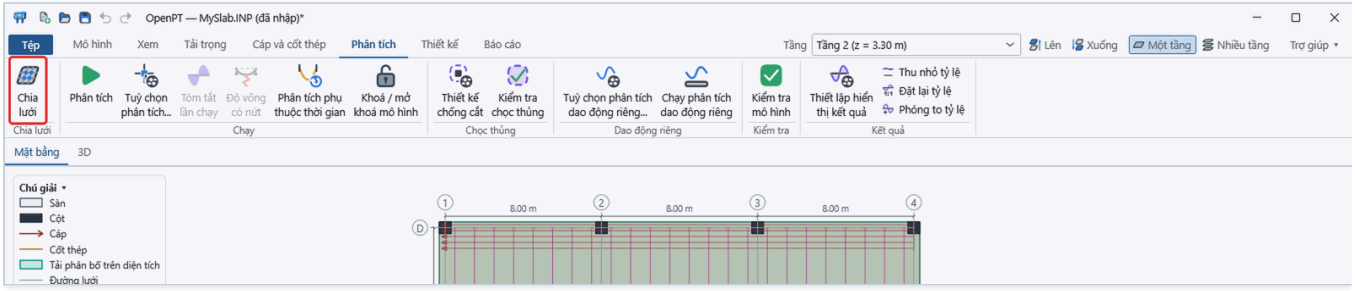
Bấm **Trợ giúp ▾** và chọn **English** hoặc **Tiếng Việt** ở cuối menu (Hình 2-3). Ribbon, menu, chú thích và hộp thoại đổi ngôn ngữ ngay; mô hình và khung nhìn giữ nguyên, và OpenPT ghi nhớ lựa chọn này.



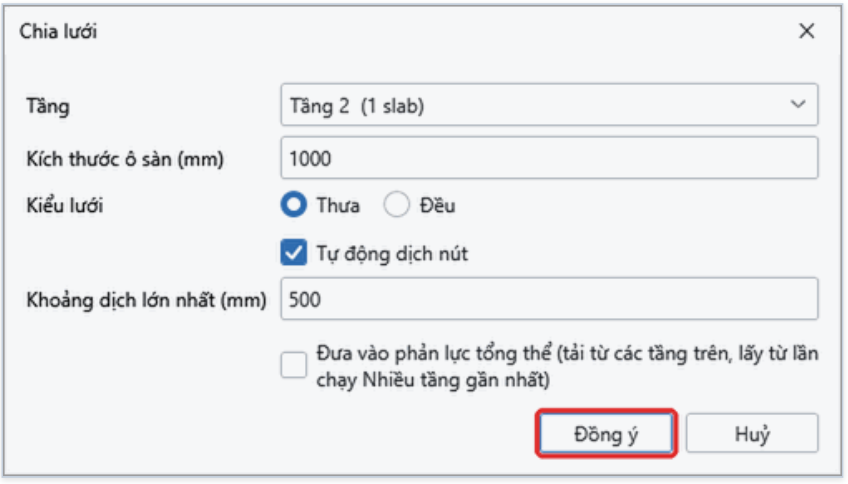
Hình 2-3. Các mục ngôn ngữ ở cuối menu Trợ giúp

Chia lưới

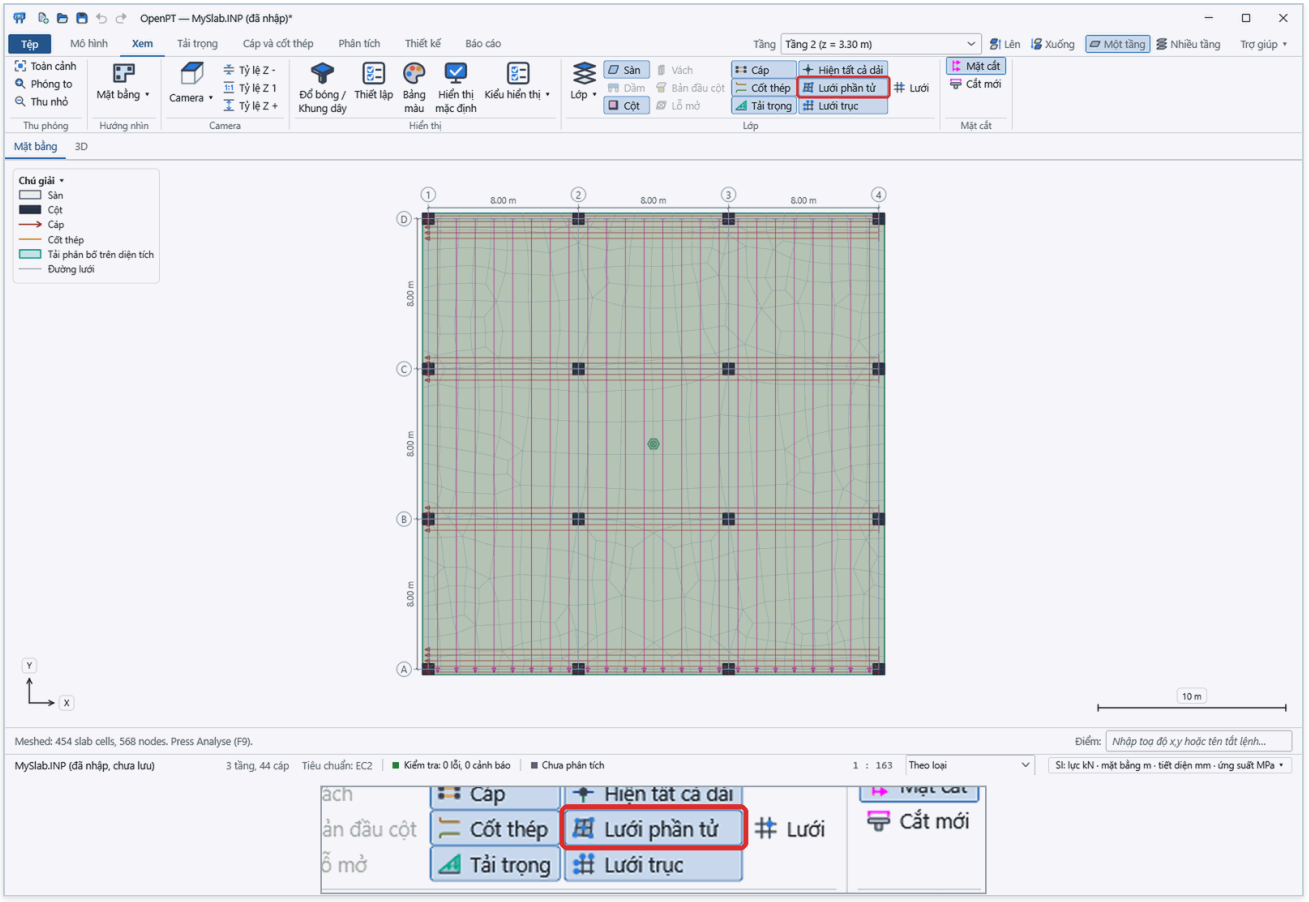
1. Mở thẻ **Phân tích** và bấm **Phân tích** ▸ **Chia lưới** ▸ **Chia lưới** (Hình 2-4).
2. Giữ các giá trị đề xuất trong hộp thoại và bấm **Đồng ý** (Hình 2-5).
3. Để thấy các ô lưới, mở thẻ **Xem** và bật **Xem** ▸ **Lớp** ▸ **Lưới phần tử** (Hình 2-6).



Hình 2-4. Lệnh Chia lưới trên thẻ Phân tích



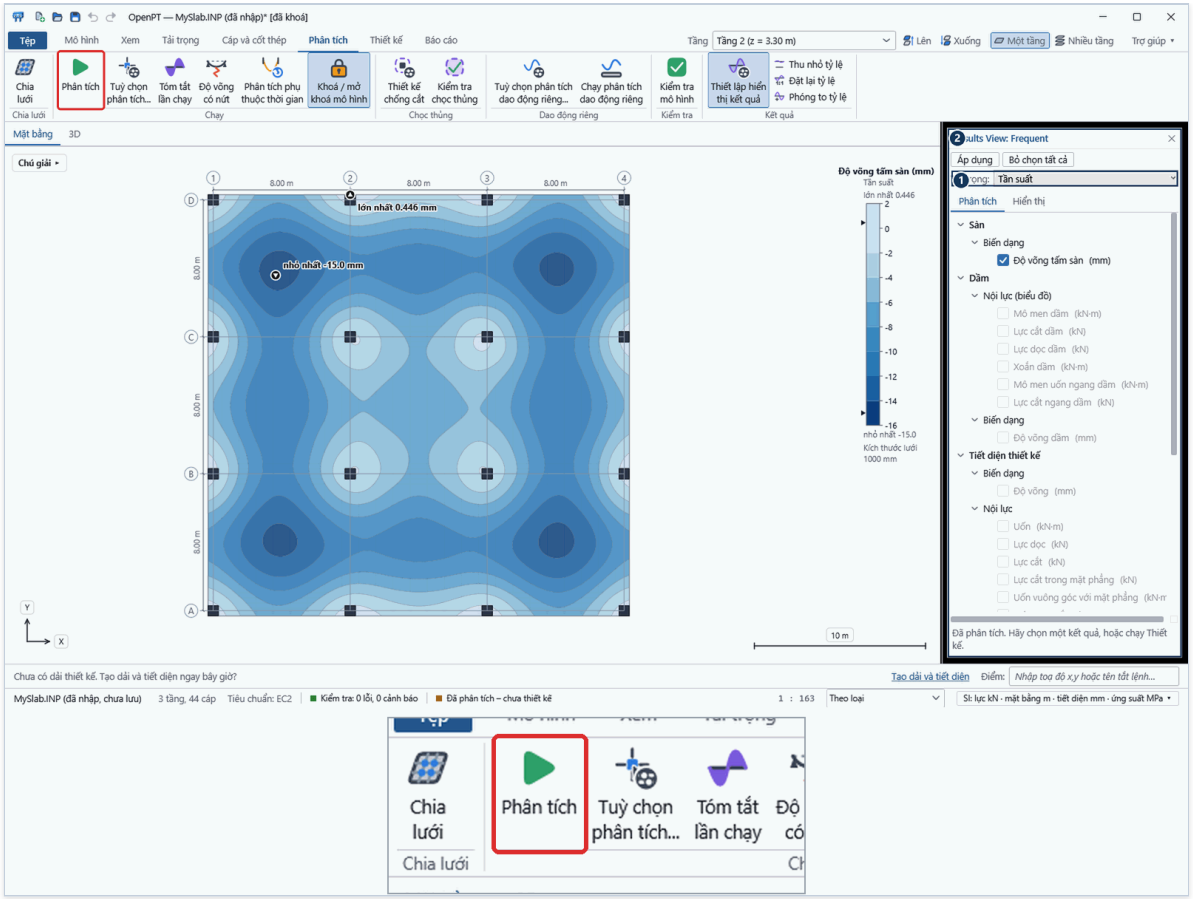
Hình 2-5. Hộp thoại Chia lưới



Hình 2-6. Sàn đã được chia lưới

Phân tích và xem độ võng

1. Nhấn **F9** hoặc bấm **Phân tích** ▸ **Chạy** ▸ **Phân tích**. Thanh trạng thái hiển thị tiến độ; nút **Huỷ** dừng lần chạy mà không thay đổi gì.
2. Khi chạy xong, mặt bằng hiển thị phổ màu độ võng và **Khung kết quả** mở ở bên phải (Hình 2-7).
3. Để xem trường hợp tải hoặc tổ hợp khác, chọn trong ô **Tải trọng** ở đầu Khung kết quả. Để xem kết quả khác, đánh dấu kết quả đó trong cây của khung.



Hình 2-7. Sau khi phân tích: phổ màu độ võng và Khung kết quả

Mô hình đã có kết quả sẽ bị **khoá** (biểu tượng khoá trên thanh tiêu đề), để kết quả luôn khớp với mô hình đang hiển thị. Khi khoá, vẫn có thể xem kết quả, thiết kế dải, kiểm tra chọc thủng và thêm tổ hợp tải trọng. Muốn sửa mô hình, bấm **Phân tích** ▸ **Chạy** ▸ **Khoá / mở khoá mô hình**; OpenPT sẽ hỏi trước, vì mở khoá sẽ xoá kết quả phân tích.

Lưu

Nhấn **Ctrl+S**. Lần đầu, OpenPT hỏi tên tệp và ghi `MySlab.optp`: một tệp duy nhất chứa mô hình, các thiết lập và kết quả phân tích. **Tệp** ▸ **Mở** mở lại tệp này cùng kết quả, không cần phân tích lại.

CHƯƠNG 3

Ví dụ 1: Sàn phẳng ứng lực trước

Mục tiêu: đưa một sàn phẳng ứng lực trước từ tệp INP qua các bước kiểm tra cáp, tải trọng, phân tích, thiết kế dải, cốt thép và chọc thủng, rồi xuất thuyết minh tính toán.

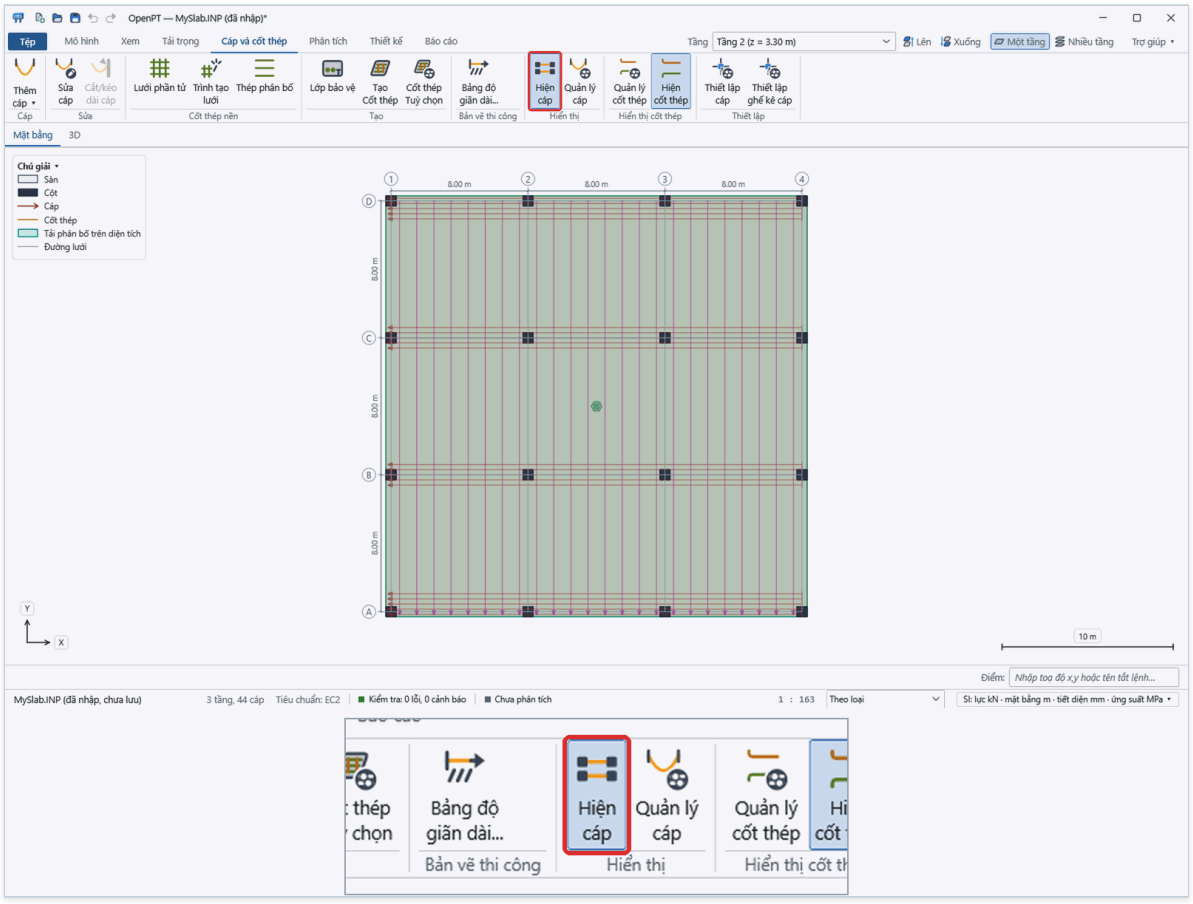
Mô hình: `MySlab.INP` , sàn phẳng 3 × 3 nhịp 8,0 m, dày 220 mm, cột 600 × 600 mm, cáp theo phương X bố trí theo dải trên đầu cột, cáp theo phương Y rải đều. Các đường gối có sẵn trong mô hình.

Bước 1. Mở mô hình và kiểm tra

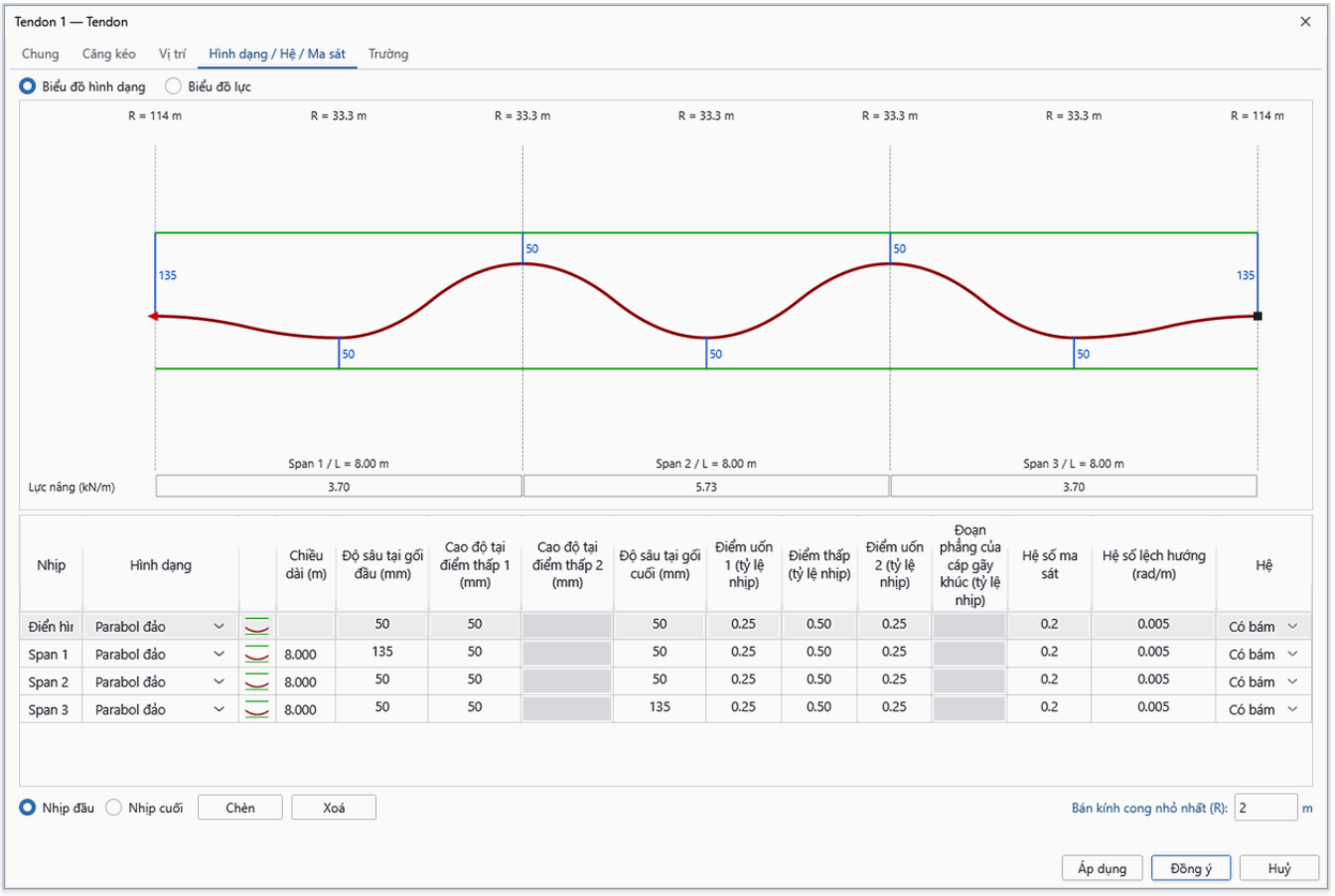
1. Mở `MySlab.INP` như phần Bắt đầu nhanh (**Tệp** ▸ **Nhập** ▸ **Nhập mô hình (FDB, ADM, ...)**).
2. Nhấn **F5** (**Phân tích** ▸ **Kiểm tra** ▸ **Kiểm tra mô hình**). Phần **Kiểm tra** trên thanh trạng thái cho biết số lỗi và cảnh báo; **Phân tích** ▸ **Kiểm tra** ▸ **Thông báo** liệt kê chúng. Hãy đọc trước khi làm tiếp.

Bước 2. Xem cáp

1. Mở thẻ **Cáp và cốt thép** và kiểm tra nút **Cáp và cốt thép** ▸ **Hiển thị** ▸ **Hiện cáp** đang được bật (Hình 3-1).
2. Bấm vào một sợi cáp: **Khung thuộc tính** hiển thị số liệu của nó.
3. Bấm đúp vào sợi cáp, hoặc chọn nó rồi bấm **Cáp và cốt thép** ▸ **Sửa** ▸ **Sửa cáp**. Cửa sổ cáp mở ra (Hình 3-2).



Hình 3-1. Cáp trên thẻ Cáp và cốt thép

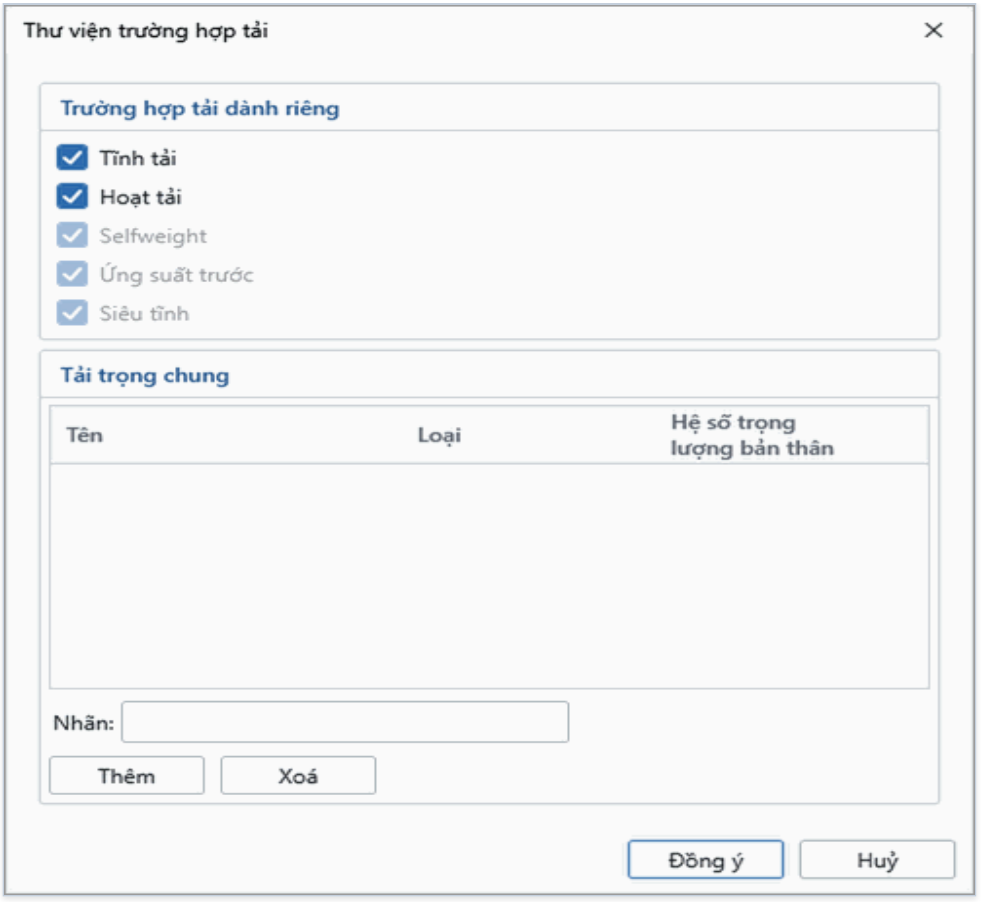


Hình 3-2. Cửa sổ cáp: hình dạng cáp và bảng nhịp

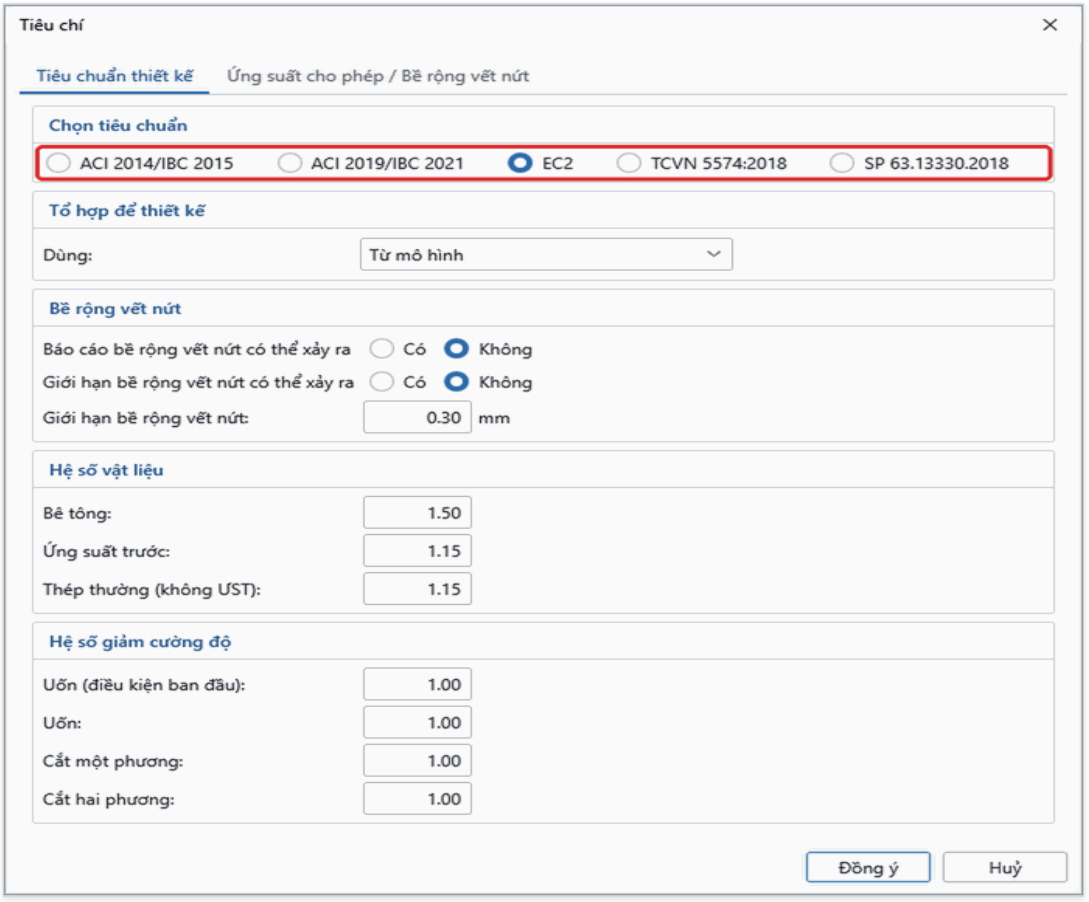
Trong cửa sổ cáp, mỗi dòng của bảng nhịp là một nhịp. Giá trị **chiều sâu** tại gối đo từ mặt trên sàn xuống, giá trị **chiều cao** tại điểm thấp đo từ đáy sàn lên, đơn vị mm. Giá trị nhập ở dòng đầu, **Điển hình**, được ghi cho mọi nhịp. **Biểu đồ lực** cho thấy lực dọc cáp sau tổn hao ma sát và tụt neo, và độ giãn dài tại mỗi đầu kéo. **Áp dụng** ghi thay đổi và giữ cửa sổ mở; **Đồng ý** ghi và đóng cửa sổ.

Bước 3. Kiểm tra tải trọng, tiêu chuẩn và tổ hợp

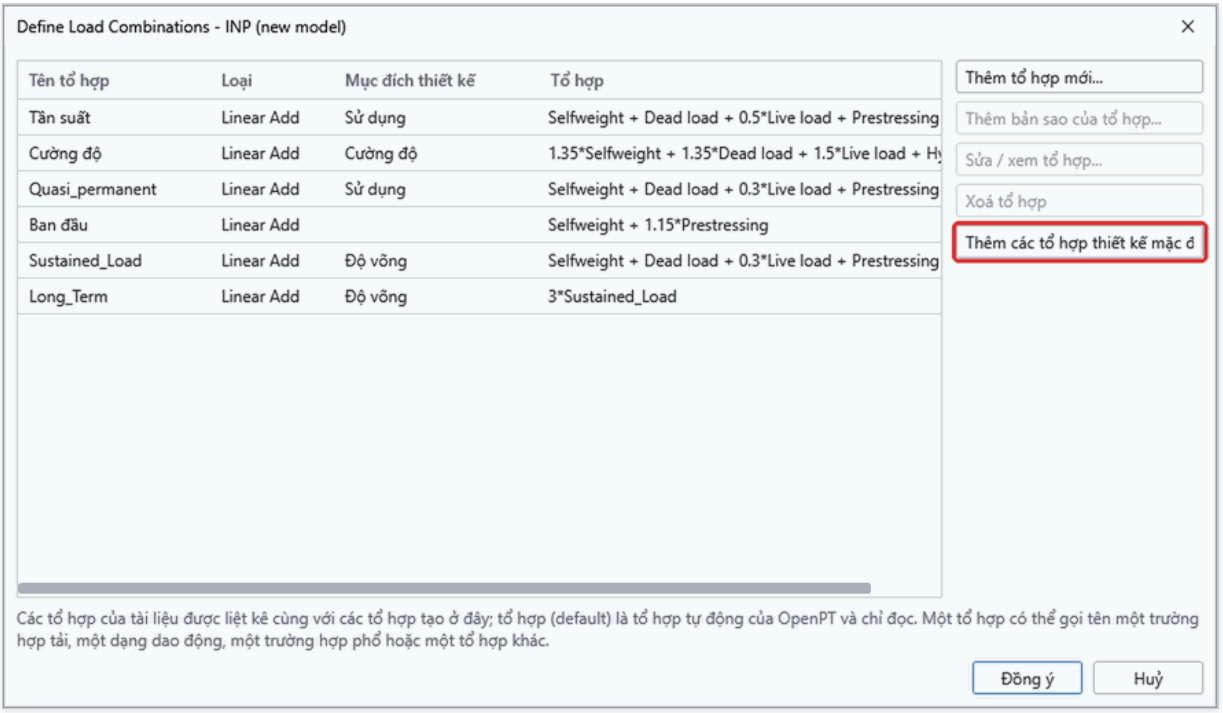
1. Bấm **Tải trọng** ▸ **Định nghĩa** ▸ **Trường hợp tải** (Hình 3-3). Trọng lượng bản thân, Ứng suất trước và Siêu tĩnh luôn có sẵn; các trường hợp khác lấy từ mô hình. Đóng cửa sổ.
2. Mở thẻ **Tải trọng** để xem tải trên mặt bằng. Bấm đúp vào một tải để xem giá trị; Fz dương hướng xuống.
3. Bấm **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Tiêu chuẩn thiết kế**. Cửa sổ **Tiêu chí** mở ở thẻ **Tiêu chuẩn thiết kế**; chọn tiêu chuẩn (Hình 3-4). Một tiêu chuẩn duy nhất chi phối tổ hợp, uốn, cắt, chọc thủng và độ võng.
4. Bấm **Thiết kế** ▸ **Thiết kế tiết diện** ▸ **Tổ hợp thiết kế** để xem các tổ hợp tải trọng (Hình 3-5). Nếu danh sách chưa có các tổ hợp của tiêu chuẩn, bấm **Thêm các tổ hợp thiết kế mặc định...**.
5. Bấm **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Tổ hợp** để chọn các tổ hợp mà lệnh thiết kế sử dụng (Hình 3-6). Mọi lệnh thiết kế chỉ dùng các tổ hợp được đánh dấu.
6. Kiểm tra vật liệu ở **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Vật liệu**, lớp bảo vệ và đường kính thép ở **Cáp và cốt thép** ▸ **Tạo** ▸ **Lớp bảo vệ**.



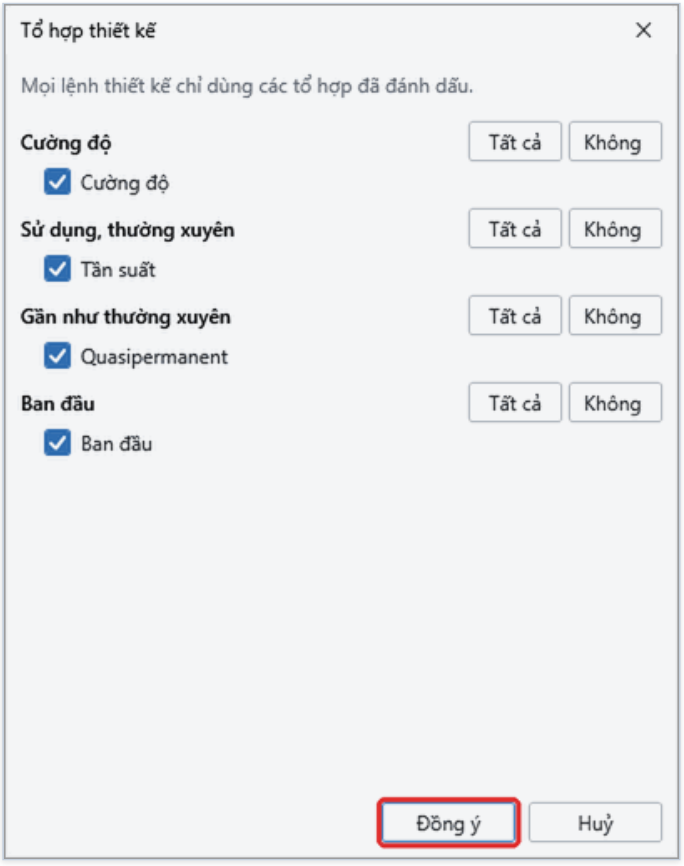
Hình 3-3. Thư viện trường hợp tải



Hình 3-4. Thẻ Tiêu chuẩn thiết kế của cửa sổ Tiêu chí



Hình 3-5. Các tổ hợp tải trọng, với nút Thêm các tổ hợp thiết kế mặc định



Hình 3-6. Các tổ hợp dùng cho lệnh thiết kế

Bước 4. Chia lưới và phân tích

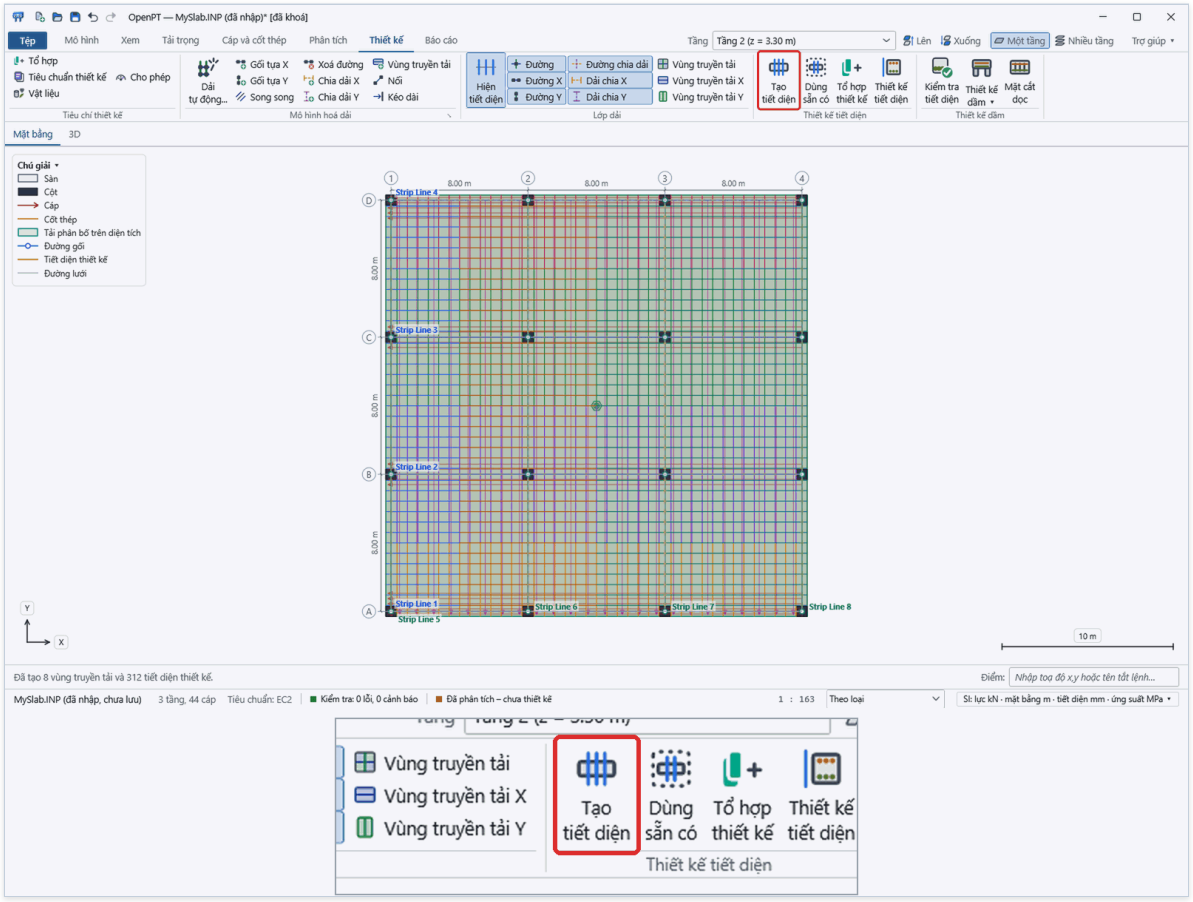
1. Bấm **Phân tích** ▸ **Chia lưới** ▸ **Chia lưới** rồi **Đồng ý**.
2. Nhấn **F9** (**Phân tích** ▸ **Chạy** ▸ **Phân tích**). Vì mô hình có cáp, ô **Tải trọng** có thêm **Ứng suất trước**, **Siêu tĩnh** và các tổ hợp thiết kế.

3. Đọc dòng thông báo: số cáp và số đoạn ứng suất trước đã dùng. **Phân tích** ▸ **Chạy** ▸ **Tóm tắt lần chạy** cho các giá trị lớn nhất và kiểm tra cân bằng.

Bước 5. Dải và tiết diện thiết kế

Việc thiết kế thực hiện trên các dải thiết kế. Mô hình này có sẵn đường gối; với mô hình chưa có, xem Ví dụ 2, Bước 3.

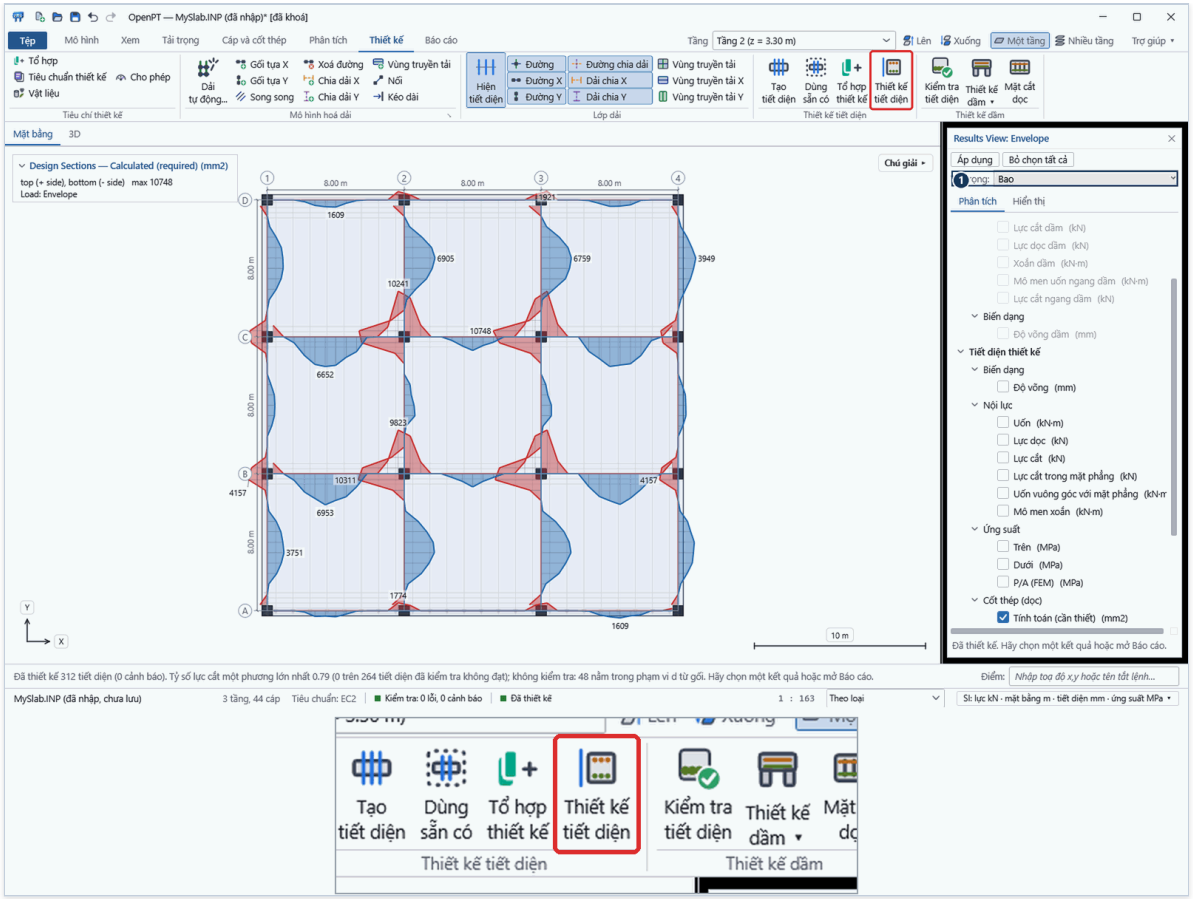
1. Mở thẻ **Thiết kế**.
2. Bấm **Thiết kế** ▸ **Thiết kế tiết diện** ▸ **Tạo tiết diện** (Hình 3-7). OpenPT tạo vùng truyền tải của mỗi đường gối và cắt các tiết diện thiết kế ngang qua vùng đó.
3. Các nút trong nhóm **Thiết kế** ▸ **Lớp dải** chọn những gì hiển thị trên mặt bằng: đường gối, đường chia dải, vùng truyền tải và **Hiện các mặt cắt thiết kế**.



Hình 3-7. Đường gối và tiết diện thiết kế sau lệnh Tạo tiết diện

Bước 6. Thiết kế tiết diện

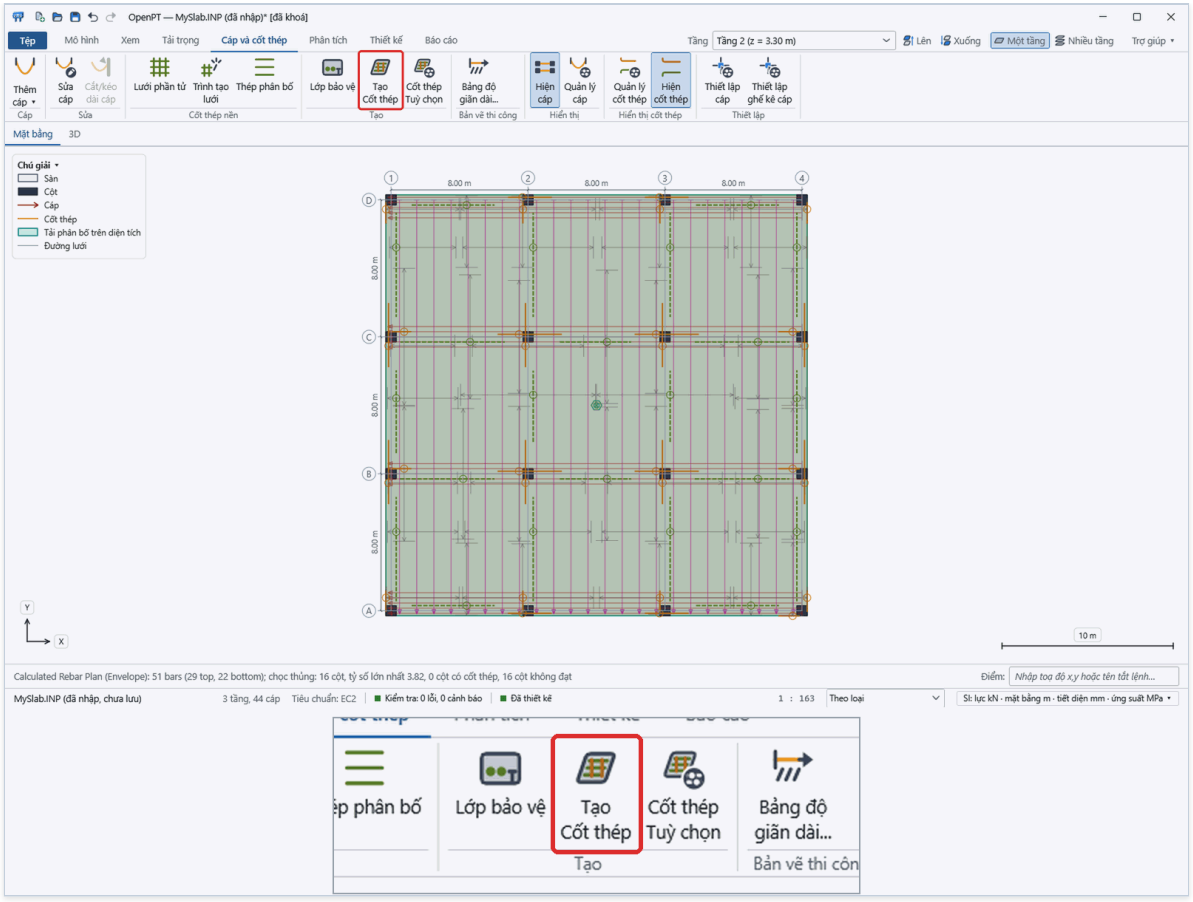
1. Bấm **Thiết kế** ▸ **Thiết kế tiết diện** ▸ **Thiết kế tiết diện**. OpenPT thiết kế mọi tiết diện cho mọi tổ hợp thiết kế; sau đó thanh trạng thái báo **Đã thiết kế**.
2. Khung kết quả mở ở **Tiết diện thiết kế** ▸ **Cốt thép (dọc)** ▸ **Tính toán (cần thiết)** cho tổ hợp sử dụng đầu tiên. Chọn **Bao** trong ô **Tải trọng** để xem lượng thép lớn nhất của mọi tổ hợp thiết kế (Hình 3-8).
3. Trong cây của khung có thể chuyển sang cốt thép bố trí, mô men uốn hoặc ứng suất.
4. Bấm đúp vào một tiết diện thiết kế để xem tiết diện, cốt thép và **Tỷ số D/C** (màu đỏ khi lớn hơn 1).
5. **Tệp** ▸ **Xuất** ▸ **Xuất bảng thiết kế (CSV)...** ghi mọi tiết diện ra tệp bảng tính.



Hình 3-8. Cốt thép yêu cầu theo bao của các tổ hợp thiết kế

Bước 7. Tạo cốt thép

Bấm **Cáp và cốt thép** ▸ **Tạo** ▸ **Tạo cốt thép** (Hình 3-9). OpenPT vẽ các thanh thép tính toán lớp trên và lớp dưới của tầng; dòng trạng thái cho biết thép được tạo theo tải trọng nào và có bao nhiêu thanh. Nếu cần lựa chọn khác, **Cáp và cốt thép** ▸ **Tạo** ▸ **Tuỳ chọn cốt thép** cho chọn tổ hợp, chiều dài thanh và hướng thanh trước khi tạo.



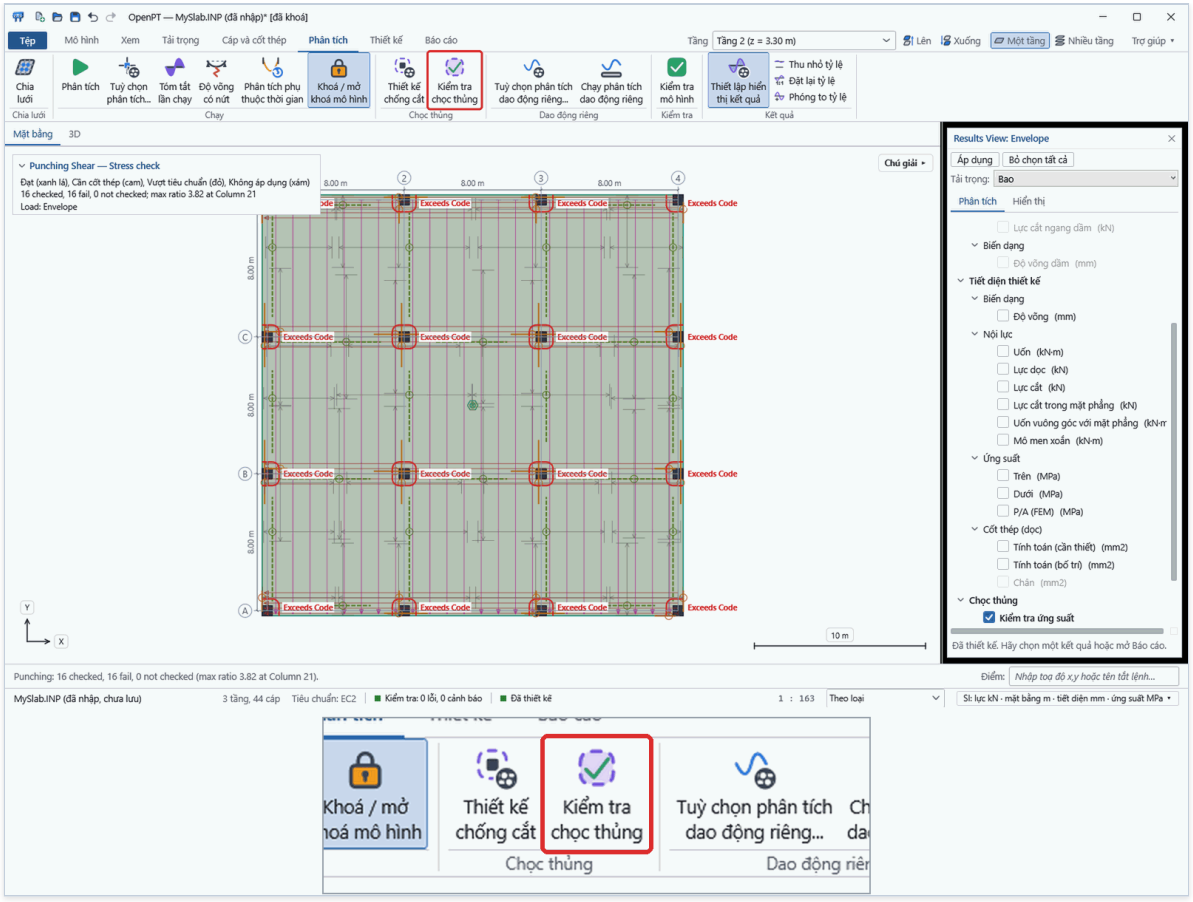
Hình 3-9. Cốt thép tính toán

> **Ghi chú:** nếu sau này thay đổi thiết kế, hãy chạy lại **Tạo cốt thép**; dòng thông báo sẽ nhắc việc này.

Bước 8. Kiểm tra chọc thủng

1. Bấm **Phân tích** ▸ **Chọc thủng** ▸ **Thiết kế chống cắt** để kiểm tra các tuỳ chọn chọc thủng (cửa sổ này có ở Hình 4-3), rồi **Đồng ý**.
2. Bấm **Phân tích** ▸ **Chọc thủng** ▸ **Kiểm tra chọc thủng** (Hình 3-10). Dòng trạng thái cho số cột đã kiểm tra, số cột không đạt và tỷ số lớn nhất.
3. Trong Khung kết quả, **Chọc thủng** ▸ **Kiểm tra ứng suất** tô màu từng cột: xanh lá đạt, cam cần cốt thép, đỏ vượt giới hạn của tiêu chuẩn, xám không kiểm tra.

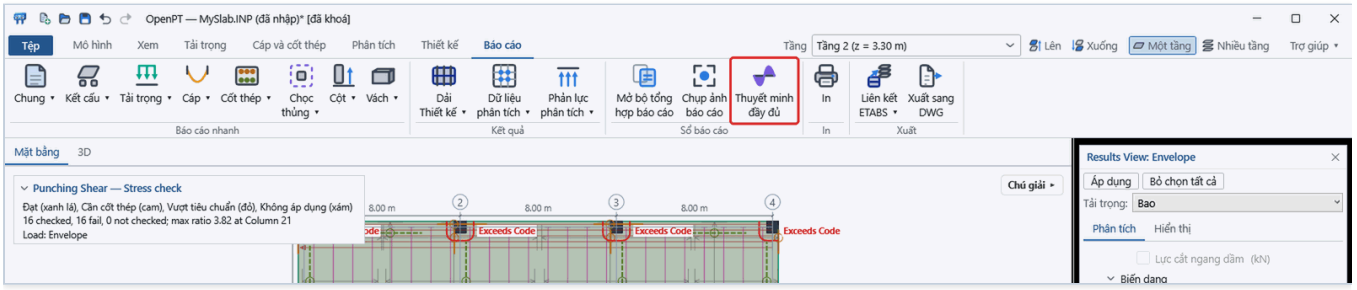
Trong ví dụ này mọi cột đều màu đỏ: với tải trọng này, sàn dày 220 mm quá mỏng tại các cột 600 mm, và cốt thép chống chọc thủng không giải quyết được. Cách xử lý thường dùng là thêm mũ cột, tăng kích thước cột hoặc tăng chiều dày sàn; hãy sửa mô hình rồi làm lại các bước.



Hình 3-10. Kiểm tra chọc thủng

Bước 9. Xuất thuyết minh và lưu

1. Bấm **Báo cáo** ▸ **Sổ báo cáo** ▸ **Thuyết minh đầy đủ** (Hình 3-11) và chọn tên tệp. OpenPT ghi một tệp Word `.docx` gồm mặt bằng, cáp, tải trọng, độ võng, dải thiết kế, cốt thép và chọc thủng. Máy không cần cài Word.
2. Nhấn **Ctrl+S** để lưu toàn bộ công việc vào một tệp `.optp`.



Hình 3-11. Thuyết minh đầy đủ trên thẻ Báo cáo

OpenPT từ chối xuất thuyết minh khi kết quả phân tích hoặc thiết kế dải chưa có hay đã cũ; hãy chạy lại các bước đó rồi xuất.

CHƯƠNG 4

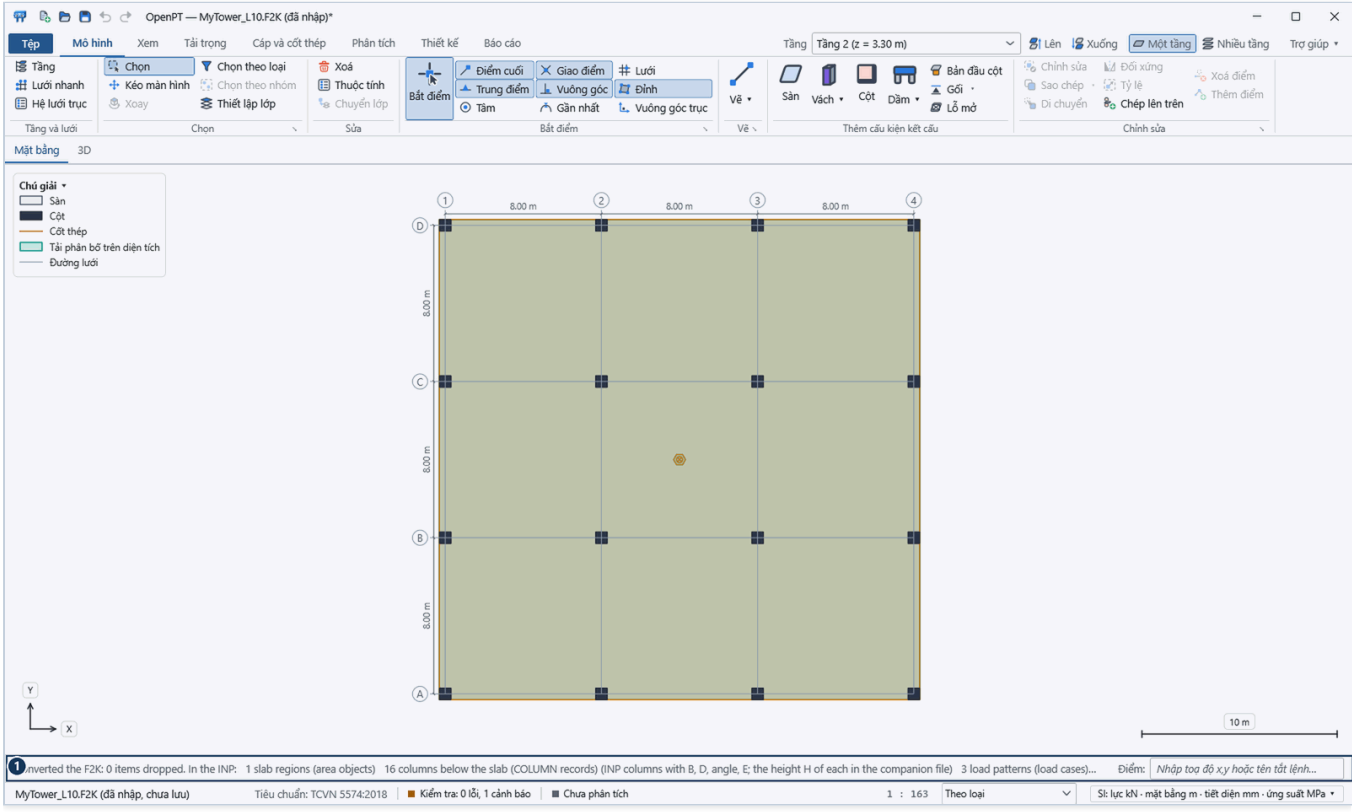
Ví dụ 2: Sàn phẳng BTCT thiết kế theo TCVN

Mục tiêu: đưa một tầng sàn xuất ra tệp F2K qua các bước tạo dải, phân tích, tính độ võng toàn phần theo TCVN, thiết kế cốt thép sàn và cốt thép chống chọc thủng.

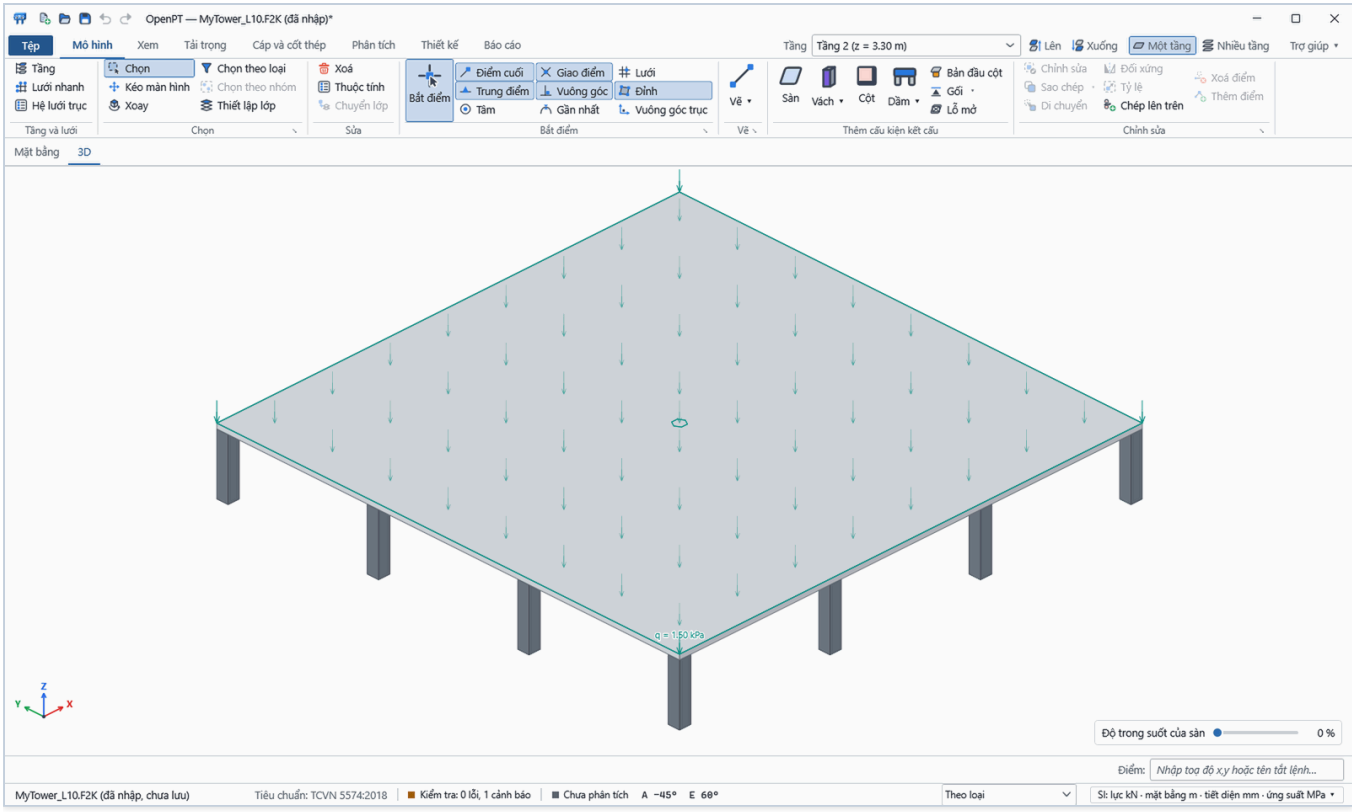
Mô hình: `MyTower_L10.F2K` , sàn phẳng bê tông cốt thép 3 × 3 nhịp 8,0 m, dày 250 mm, cột 600 × 600 mm, không có cáp.

Bước 1. Nhập tệp F2K

1. Bấm **Tệp** ▸ **Nhập** ▸ **Nhập mô hình (FDB, ADM, ...)** và chọn `MyTower_L10.F2K` .
2. OpenPT chuyển tệp thành một mô hình mới; thanh tiêu đề ghi `MyTower_L10.F2K (đã nhập)` . Dòng thông báo dưới mặt bằng cho biết những gì đã chuyển đổi và những gì bị bỏ (Hình 4-1); thanh trạng thái cho biết tiêu chuẩn thiết kế, ở đây là TCVN 5574:2018.
3. Đọc các cảnh báo ở **Phân tích** ▸ **Kiểm tra** ▸ **Thông báo**.
4. Mở thẻ **3D** để xem sàn và cột (Hình 4-2).



Hình 4-1. Tầng sàn đã nhập và dòng thông báo khi nhập

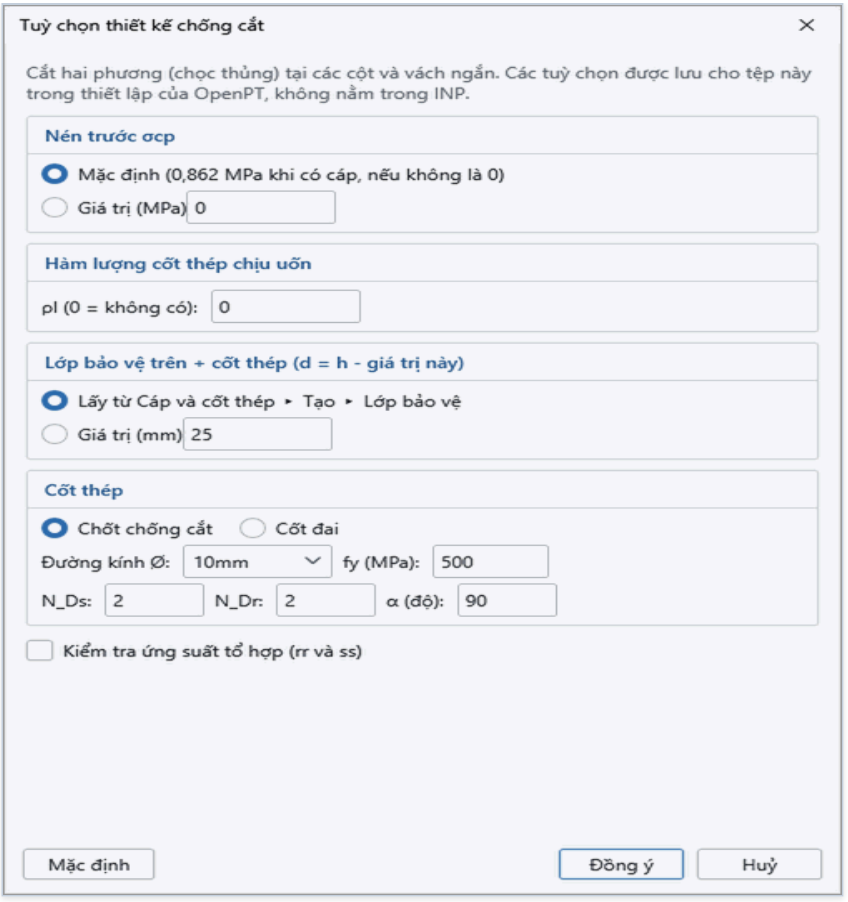


Hình 4-2. Tầng sàn đã nhập, xem 3D

> **Mẹo:** tệp F2K thường không có lỗ mở sàn và kích thước cột. Đặt `MyTower_L10.openings.json` và `MyTower_L10.columns.json` cạnh tệp F2K, OpenPT sẽ đọc cả hai khi nhập; định dạng của chúng có trong OpenPT User Manual.

Bước 2. Chọn tiêu chuẩn và cốt thép chống chọc thủng

1. Bấm **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Tiêu chuẩn thiết kế** và kiểm tra tiêu chuẩn là **TCVN 5574:2018** (như Hình 3-4).
2. Trong **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Vật liệu**, đặt cấp bê tông và mác thép của công trình.
3. Bấm **Phân tích** ▸ **Chọc thủng** ▸ **Thiết kế chống cắt** và kiểm tra các tuỳ chọn chọc thủng: ứng suất nén trước, lớp bảo vệ và, trong mục **Cốt thép**, chốt chống cắt hay cốt đai, đường kính và fy (Hình 4-3).

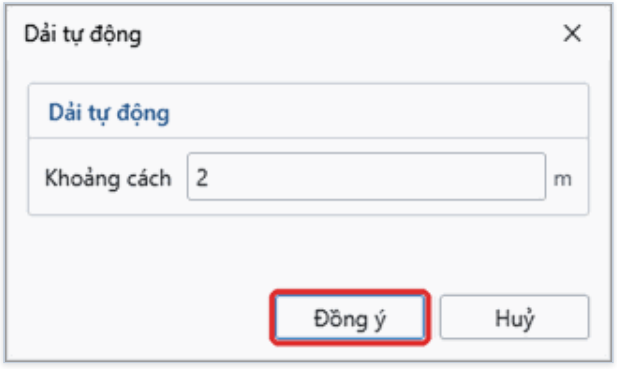


Hình 4-3. Tuỳ chọn thiết kế chống cắt

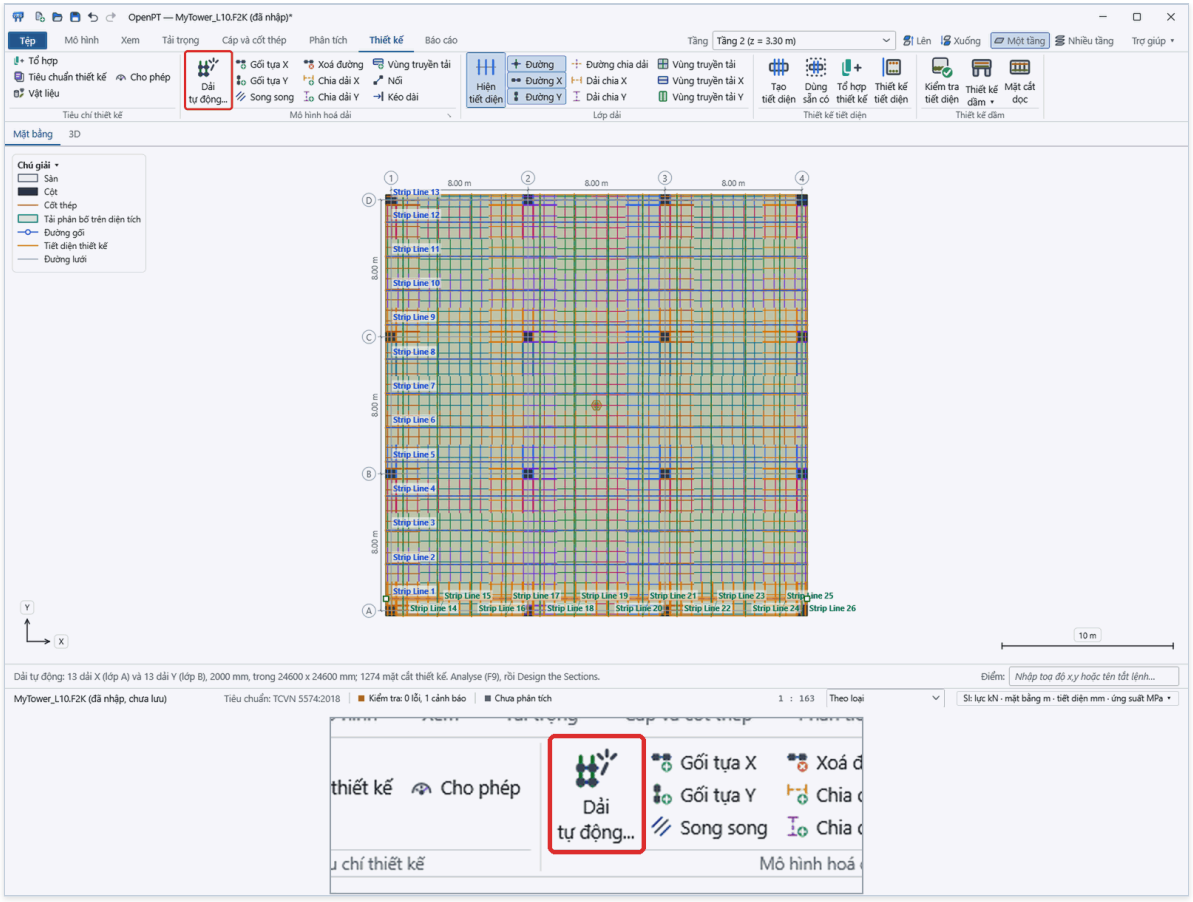
> **Chú ý:** nhãn của hình bố trí cốt thép chống chọc thủng (Bước 7) ghi rõ thanh thép và mác thép đã dùng. Hãy kiểm tra cho khớp với bản vẽ.

Bước 3. Tạo dải thiết kế

1. Bấm **Thiết kế** ▸ **Mô hình hoá dải** ▸ **Dải tự động…**, giữ hoặc nhập **Khoảng cách** (đơn vị m, mặc định 2 m) và bấm **Đồng ý** (Hình 4-4).
2. OpenPT tạo các đường gối theo X và Y cùng các tiết diện thiết kế trong một bước (Hình 4-5).



Hình 4-4. Dải tự động



Hình 4-5. Đường gối và tiết diện thiết kế do lệnh Dải tự động tạo

Nếu muốn dải đi theo trục cột, hãy vẽ bằng **Thiết kế** ▸ **Mô hình hoá dải** ▸ **Tạo đường gối theo X** và **Tạo đường gối theo Y**, rồi bấm **Thiết kế** ▸ **Thiết kế tiết diện** ▸ **Tạo tiết diện**.

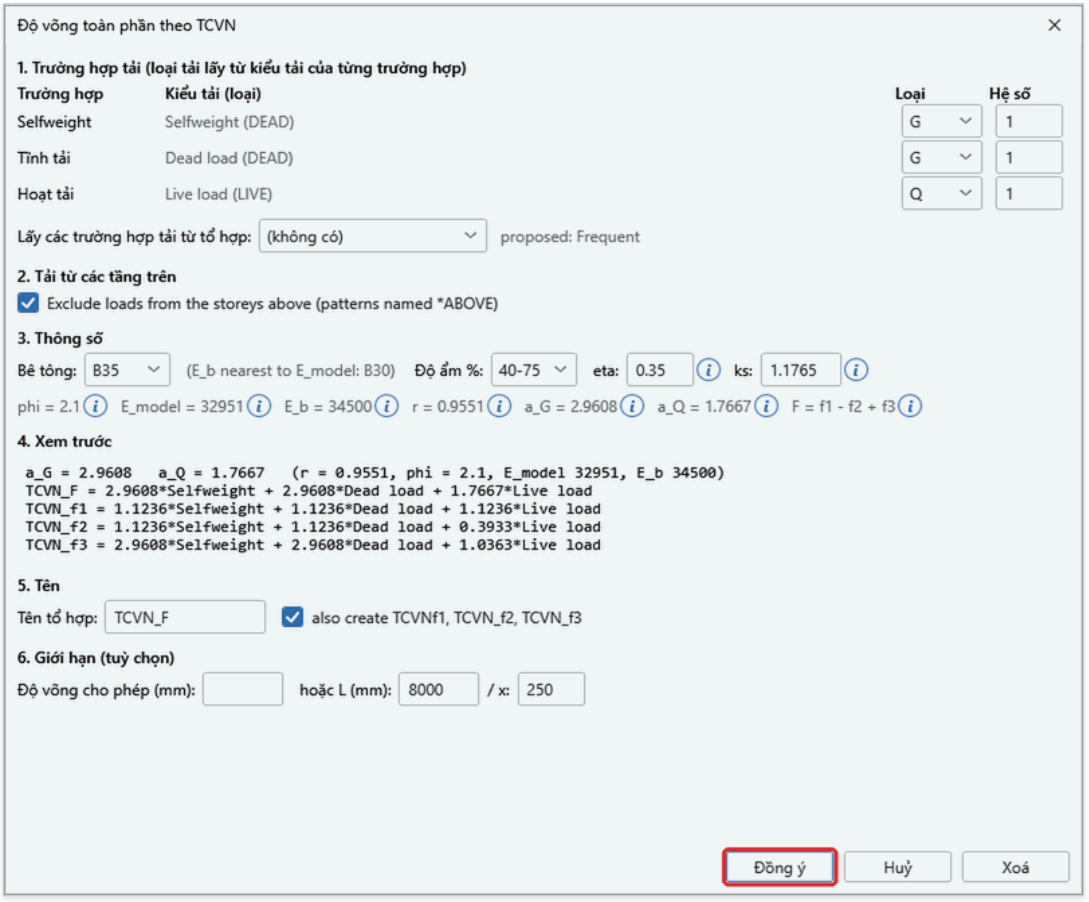
Bước 4. Chia lưới và phân tích

1. Bấm **Phân tích** ▸ **Chia lưới** ▸ **Chia lưới** rồi **Đồng ý**.
2. Nhấn **F9** (**Phân tích** ▸ **Chạy** ▸ **Phân tích**). Khi chạy xong, mặt bằng hiển thị phổ màu độ võng.
3. Kiểm tra kết quả: **Phân tích** ▸ **Chạy** ▸ **Tóm tắt lần chạy** cho các giá trị lớn nhất và kiểm tra cân bằng của từng trường hợp tải.

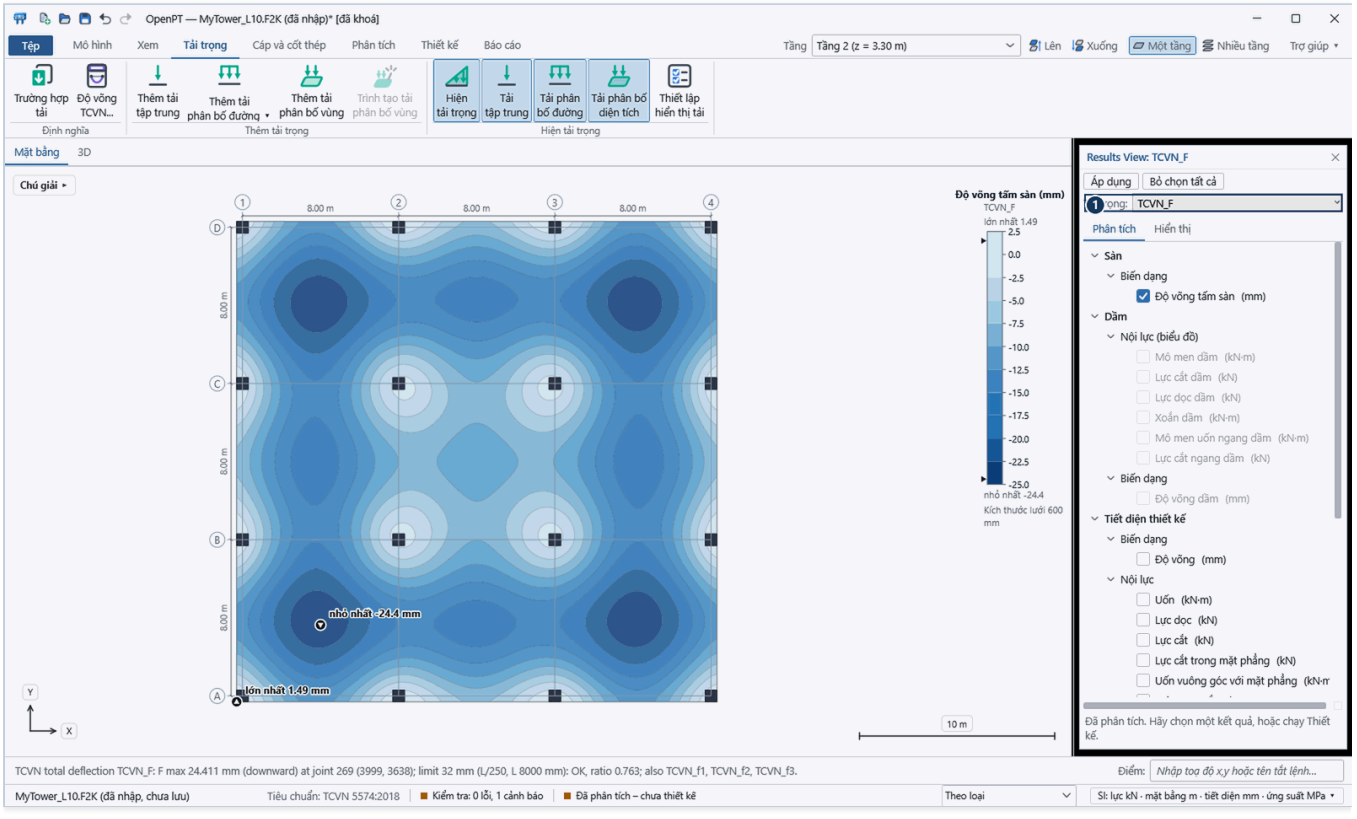
Bước 5. Độ võng toàn phần theo TCVN

TCVN 5574:2018 cộng phần ngắn hạn và dài hạn của độ võng: F = f1 − f2 + f3. OpenPT lập các thành phần này thành tổ hợp tải trọng của các trường hợp tải đã giải, nên không cần phân tích lại.

1. Bấm **Tải trọng** ▸ **Định nghĩa** ▸ **Độ võng TCVN** (Hình 4-6).
2. Kiểm tra phân loại của từng trường hợp tải: thường xuyên **G**, tạm thời **Q**, hoặc không dùng.
3. Kiểm tra cấp bê tông, độ ẩm và các hệ số; đọc φ và các mô đun đàn hồi do hộp thoại tính.
4. Ở mục **6. Giới hạn (tuỳ chọn)**, nhập nhịp và tỷ số, ví dụ **L (mm)** 8000 và **/ x** 250 (giới hạn 32 mm), hoặc nhập trực tiếp **Độ võng cho phép (mm)**.
5. Bấm **Đồng ý**. OpenPT thêm `TCVN_F`, cùng `TCVN_f1`, `TCVN_f2` và `TCVN_f3`.
6. Chọn `TCVN_F` trong ô **Tải trọng** (Hình 4-7). Dòng thông báo cho F lớn nhất, vị trí của nó và kết luận đạt hay không đạt so với giới hạn.



Hình 4-6. Độ võng toàn phần theo TCVN

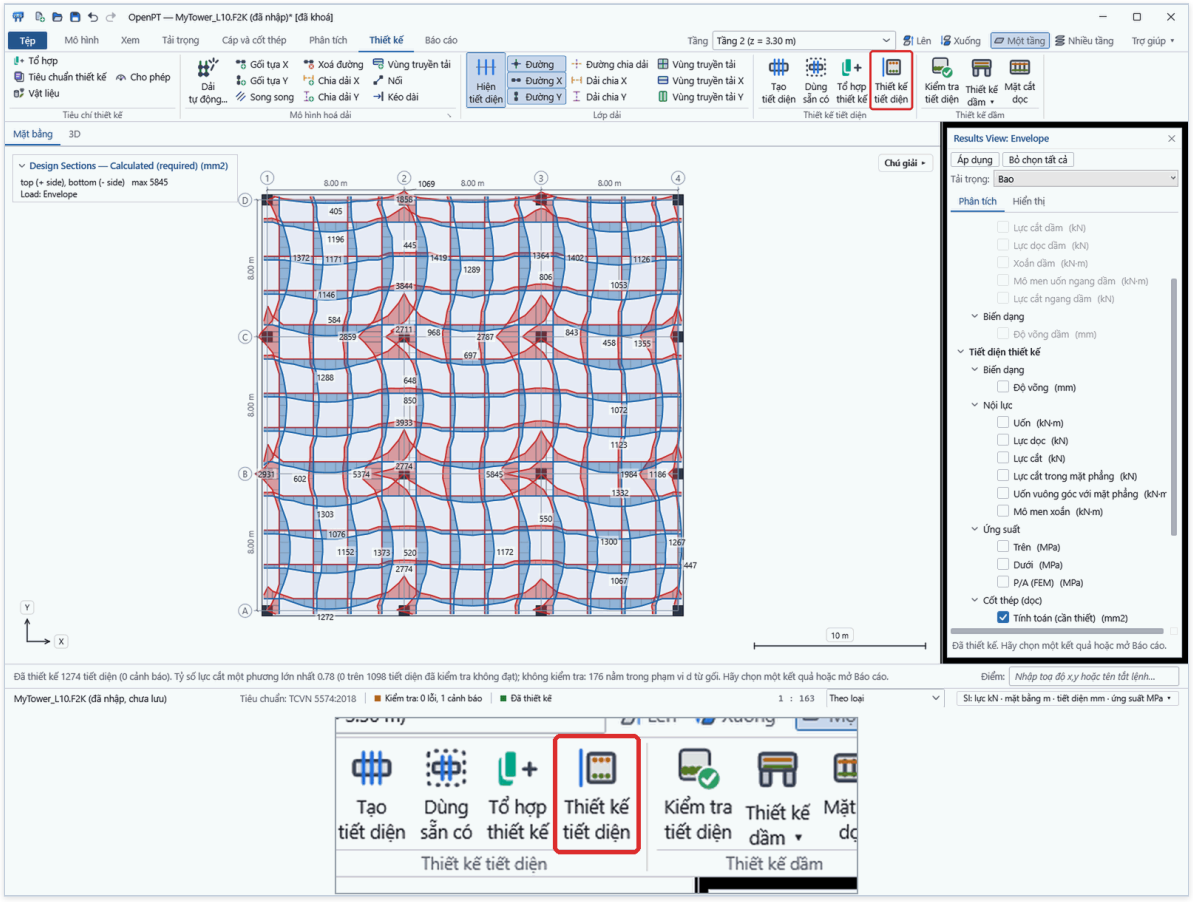


Hình 4-7. Độ võng toàn phần F theo TCVN

> **Chú ý:** phép kiểm tra so sánh một giá trị F lớn nhất trên toàn sàn với một giới hạn đã nhập. Nếu các nhịp khác nhau nhiều, hãy đánh giá từng ô sàn theo nhịp của nó trên phổ màu.

Bước 6. Thiết kế cốt thép sàn

1. Bấm **Thiết kế** ▸ **Thiết kế tiết diện** ▸ **Thiết kế tiết diện**. OpenPT thiết kế mọi tiết diện cho mọi tổ hợp thiết kế theo TCVN.
2. Chọn **Bao** trong ô **Tải trọng**: Khung kết quả hiển thị diện tích thép yêu cầu dọc các dải (Hình 4-8).
3. Bấm **Cáp và cốt thép** ▸ **Tạo** ▸ **Tạo cốt thép** để vẽ thanh thép, và **Tệp** ▸ **Xuất** ▸ **Xuất bảng thiết kế (CSV)...** để lấy số liệu.

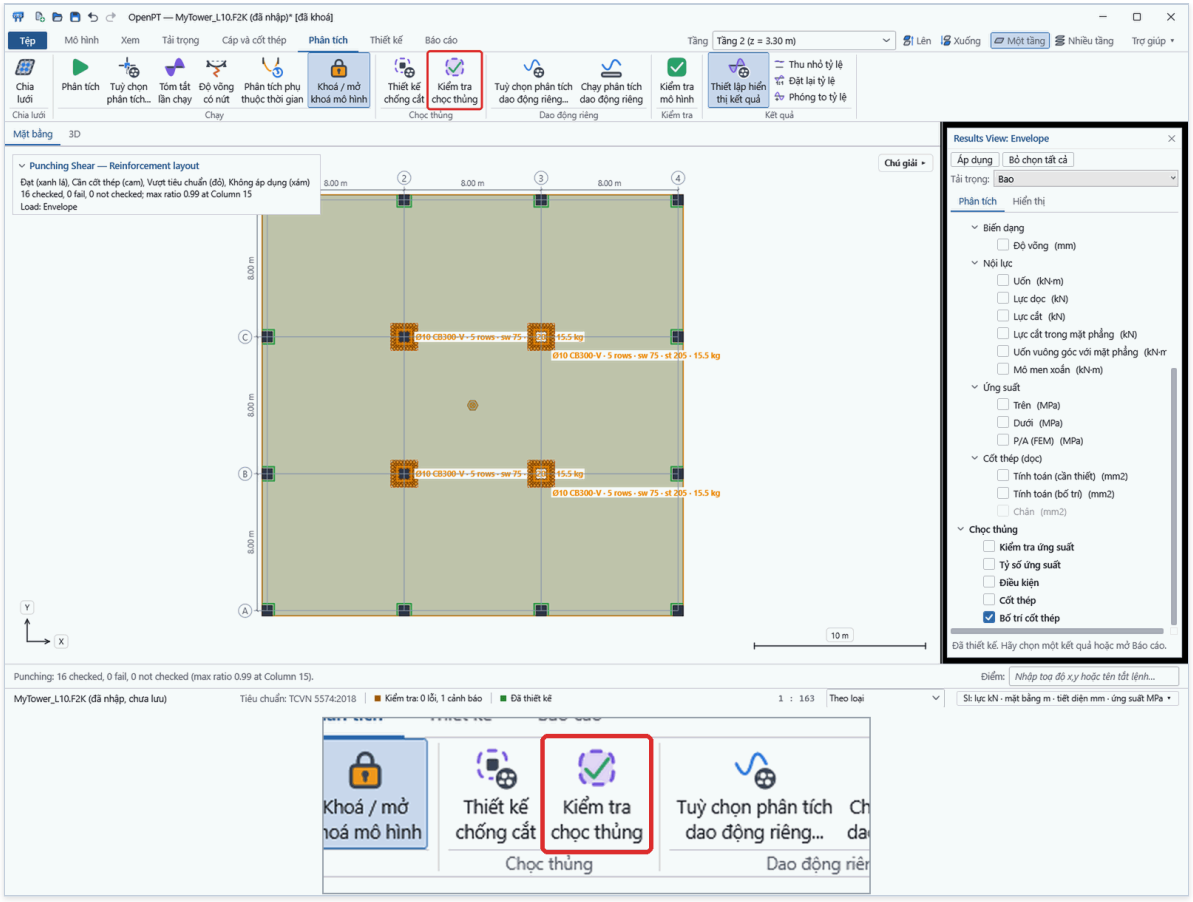


Hình 4-8. Cốt thép sàn yêu cầu theo TCVN

> **Ghi chú:** thiết kế dải chỉ tính cho bản sàn. Dầm và vách không được thiết kế ở đây, và chương trình không kiểm tra bề rộng vết nứt.

Bước 7. Chọc thủng có cốt thép

1. Bấm **Phân tích** ▸ **Chọc thủng** ▸ **Kiểm tra chọc thủng**. Tiêu chuẩn kiểm tra là tiêu chuẩn của mô hình, TCVN.
2. Trong Khung kết quả, **Chọc thủng** ▸ **Kiểm tra ứng suất** tô màu các cột: xanh lá không cần cốt thép, cam có cốt thép, đỏ vượt giới hạn hoặc không bố trí được cốt thép.
3. **Chọc thủng** ▸ **Bố trí cốt thép** vẽ thanh thép, các hàng và chu vi ngoài tại mỗi cột có cốt thép, kèm nhãn ghi số thanh, số hàng và khoảng cách (Hình 4-9). Trong ví dụ này bốn cột giữa cần cốt thép chống chọc thủng.



Hình 4-9. Bố trí cốt thép chống chọc thủng

Bước 8. Báo cáo và lưu

1. **Báo cáo** ▸ **Báo cáo nhanh** ▸ **Chọc thủng** cho bảng kết quả chọc thủng; **Báo cáo** ▸ **Sổ báo cáo** ▸ **Thuyết minh đầy đủ** ghi toàn bộ thuyết minh tính toán.
2. Nhấn **Ctrl+S** để lưu công việc vào một tệp `.optp`. Muốn trả mô hình về dạng tệp F2K, dùng **Tệp** ▸ **Xuất**; lệnh xuất liệt kê những gì chương trình kia sẽ không nhận được.

CHƯƠNG 5

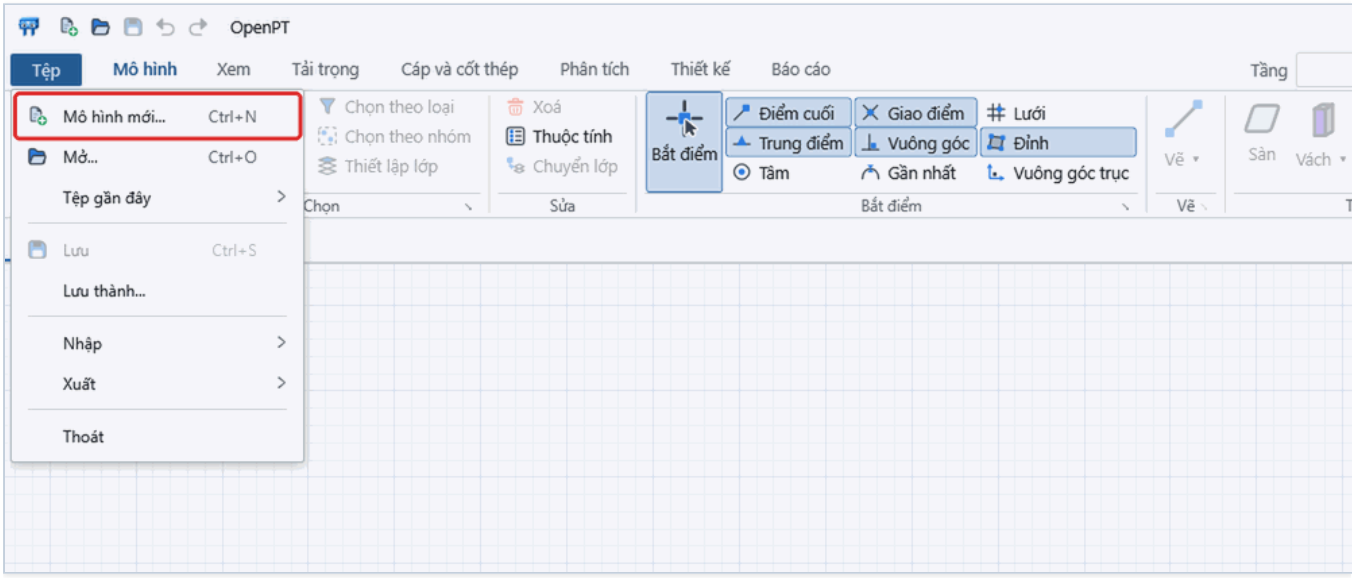
Ví dụ 3: Sàn phẳng ứng lực trước dựng từ mô hình trống

Mục tiêu: dựng từ đầu một sàn phẳng ứng lực trước có mũ cột, theo đúng thứ tự công việc: lưới trục, cột, sàn và mũ cột, trường hợp tải, tổ hợp, vật liệu, tải trọng, cáp, chia lưới, phân tích, độ võng, độ võng toàn phần theo TCVN, dải, thiết kế, cốt thép theo bao tổ hợp cường độ và thuyết minh đầy đủ.

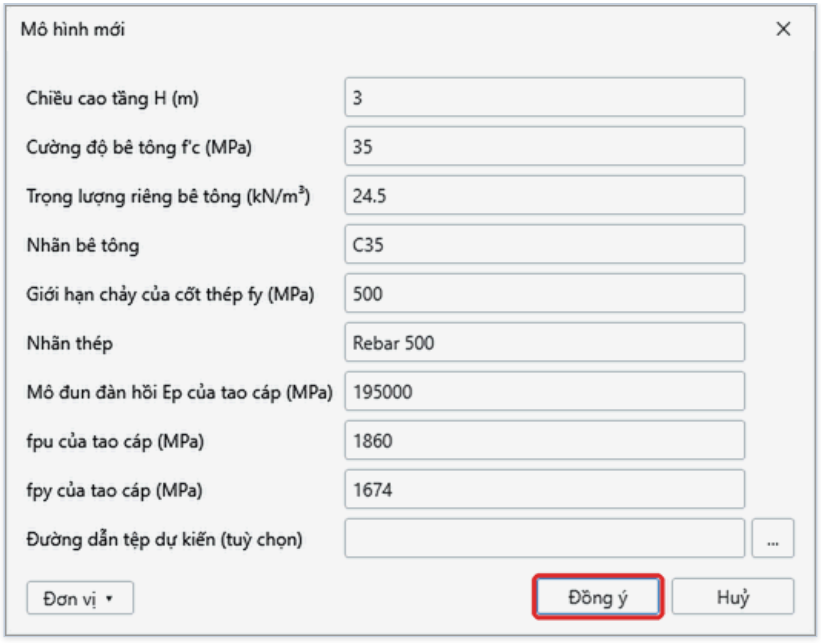
Mô hình: `Tower_L10`, sàn phẳng 3 × 2 nhịp 8,0 m, dày 250 mm, cột 500 × 500 mm, mũ cột dày 400 mm tính từ mặt sàn. Cáp phương X bố trí theo dải trên trục cột, cáp phương Y rải đều khoảng 1,0 m. Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018, bê tông B35, thép CB500-V.

Bước 1. Tạo mô hình mới và chọn tiêu chuẩn

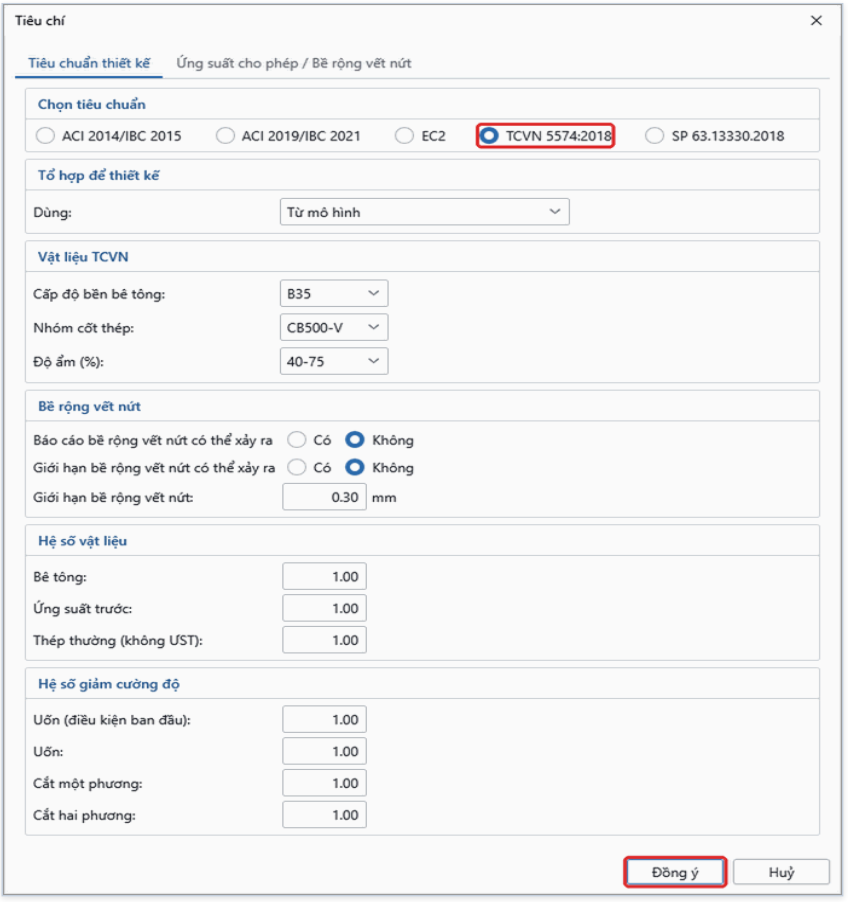
1. Bấm **Tệp** ▸ **Mô hình mới...** (Ctrl+N) (Hình 5-1).
2. Trong hộp thoại **Mô hình mới**, nhập chiều cao tầng, số liệu bê tông, cốt thép và cáp, rồi bấm **Đồng ý** (Hình 5-2). OpenPT mở một mô hình trống.
3. Nhấn **Ctrl+S** và lưu thành `Tower_L10.optp`.
4. Bấm **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Tiêu chuẩn thiết kế**, chọn **TCVN 5574:2018** và bấm **Đồng ý** (Hình 5-3). Chọn tiêu chuẩn trước: vật liệu ở các bước sau được đề xuất theo các cấp của tiêu chuẩn.



Hình 5-1. Lệnh Mô hình mới trong menu Tệp



Hình 5-2. Hộp thoại Mô hình mới



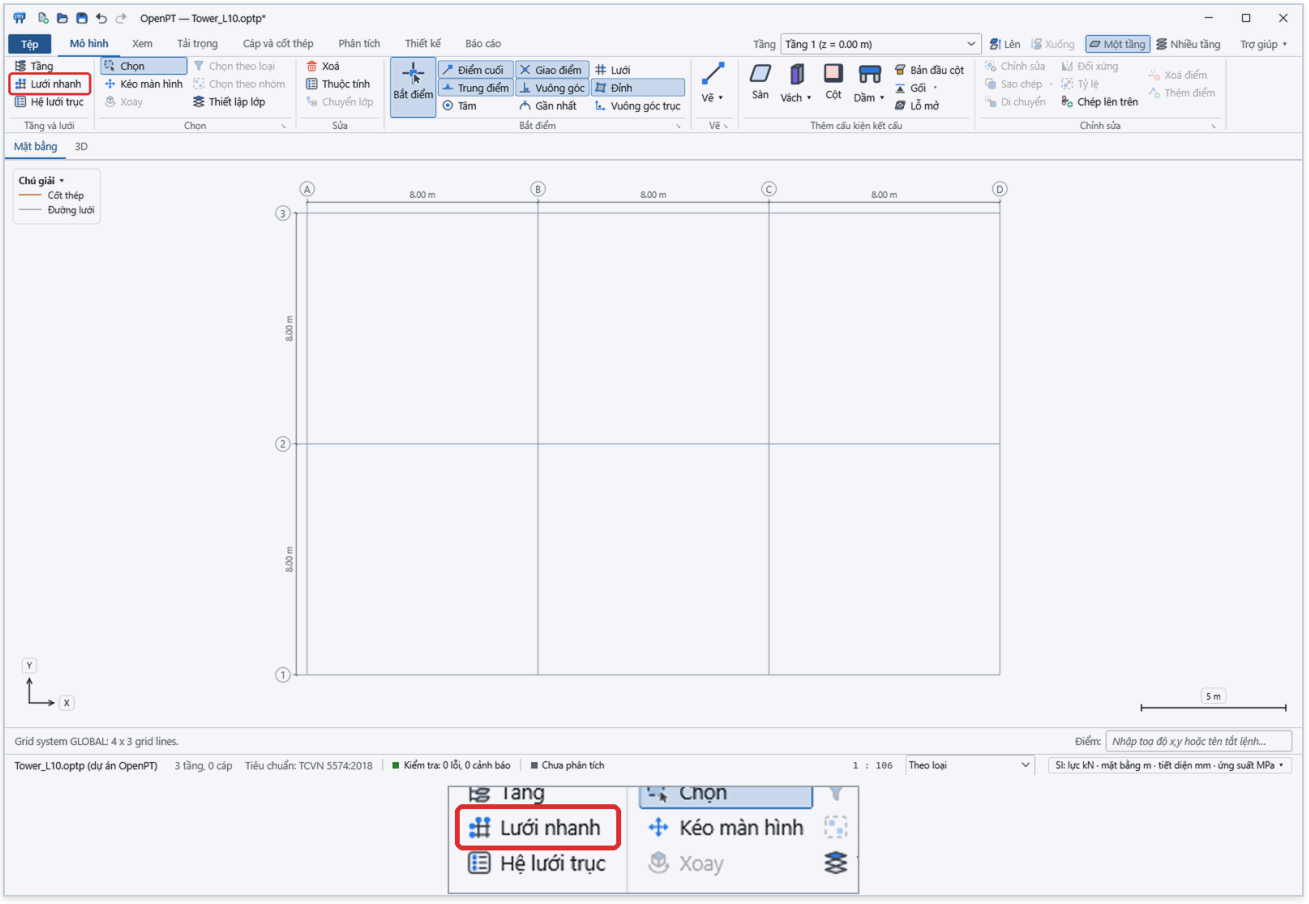
Hình 5-3. Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 trong cửa sổ Tiêu chí

Bước 2. Tạo lưới trục

1. Bấm **Mô hình** ▸ **Tầng và lưới** ▸ **Lưới nhanh** (Hình 5-4).
2. Trong hộp thoại **Tạo nhanh lưới trục**, nhập số trục theo X là 4, theo Y là 3, khoảng cách X và Y đều 8 m; giữ tên trục A, B, C... và 1, 2, 3. Bấm **Đồng ý**.
3. Các trục và ký hiệu trục hiện trên mặt bằng (Hình 5-5).



Hình 5-4. Tạo nhanh lưới trục

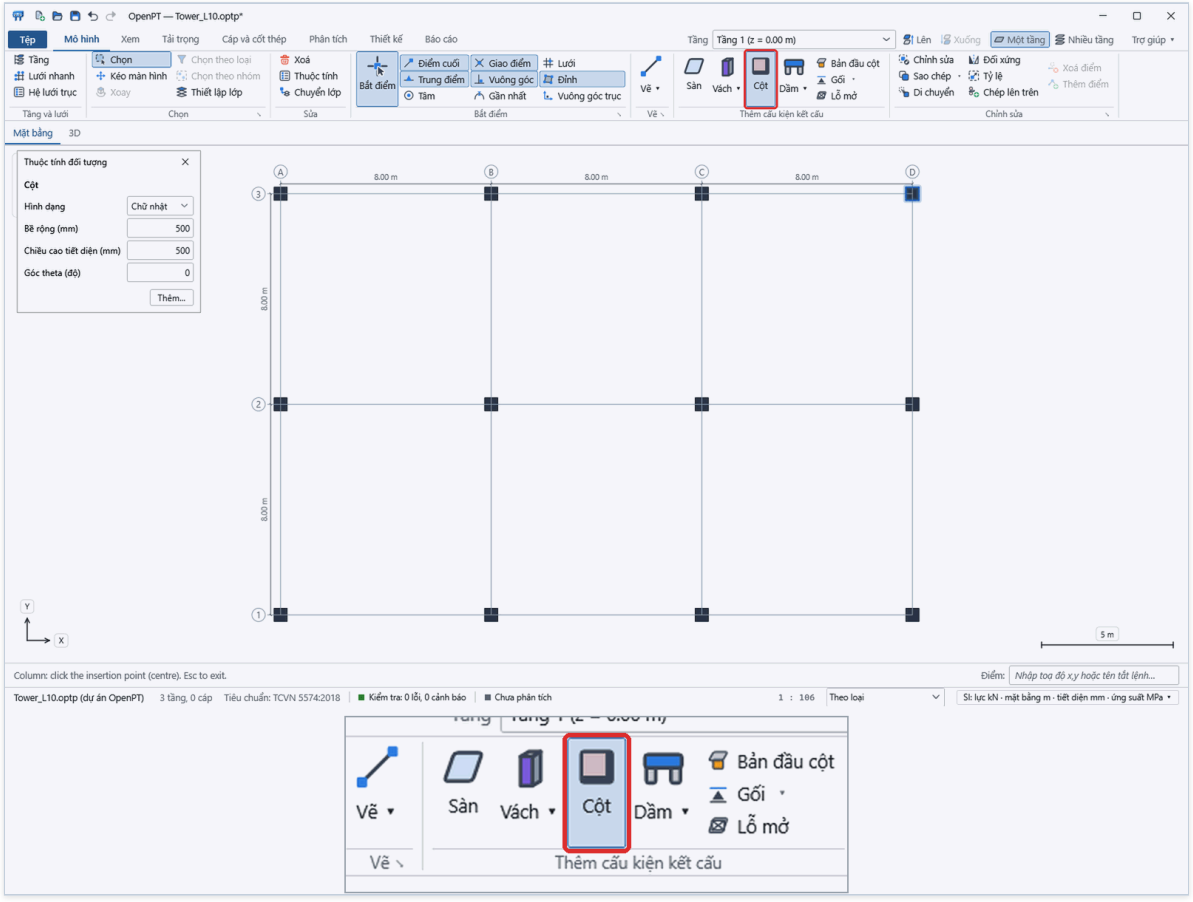


Hình 5-5. Lưới trục

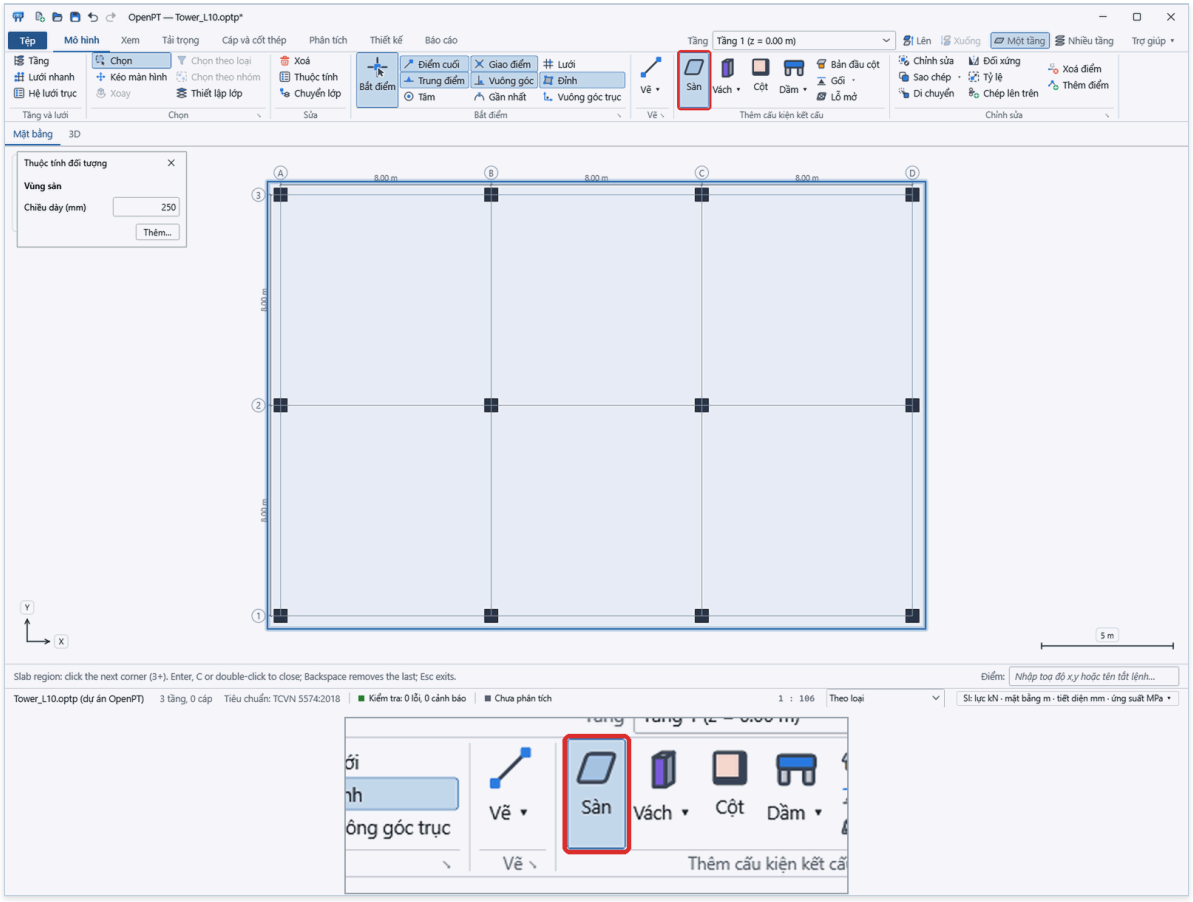
Bước 3. Vẽ cột, sàn và mũ cột

Các công cụ vẽ nằm ở nhóm **Mô hình ▸ Thêm cấu kiện kết cấu**. Khi một công cụ bắt đầu, ô **Thuộc tính đối tượng** ở góc trên bên trái mặt bằng hiển thị kích thước của đối tượng sắp vẽ; hãy nhập kích thước ở đó trước khi bấm chuột. Bật **Mô hình ▸ Bắt điểm ▸ Giao điểm** để điểm bấm rơi đúng giao điểm lưới trục.

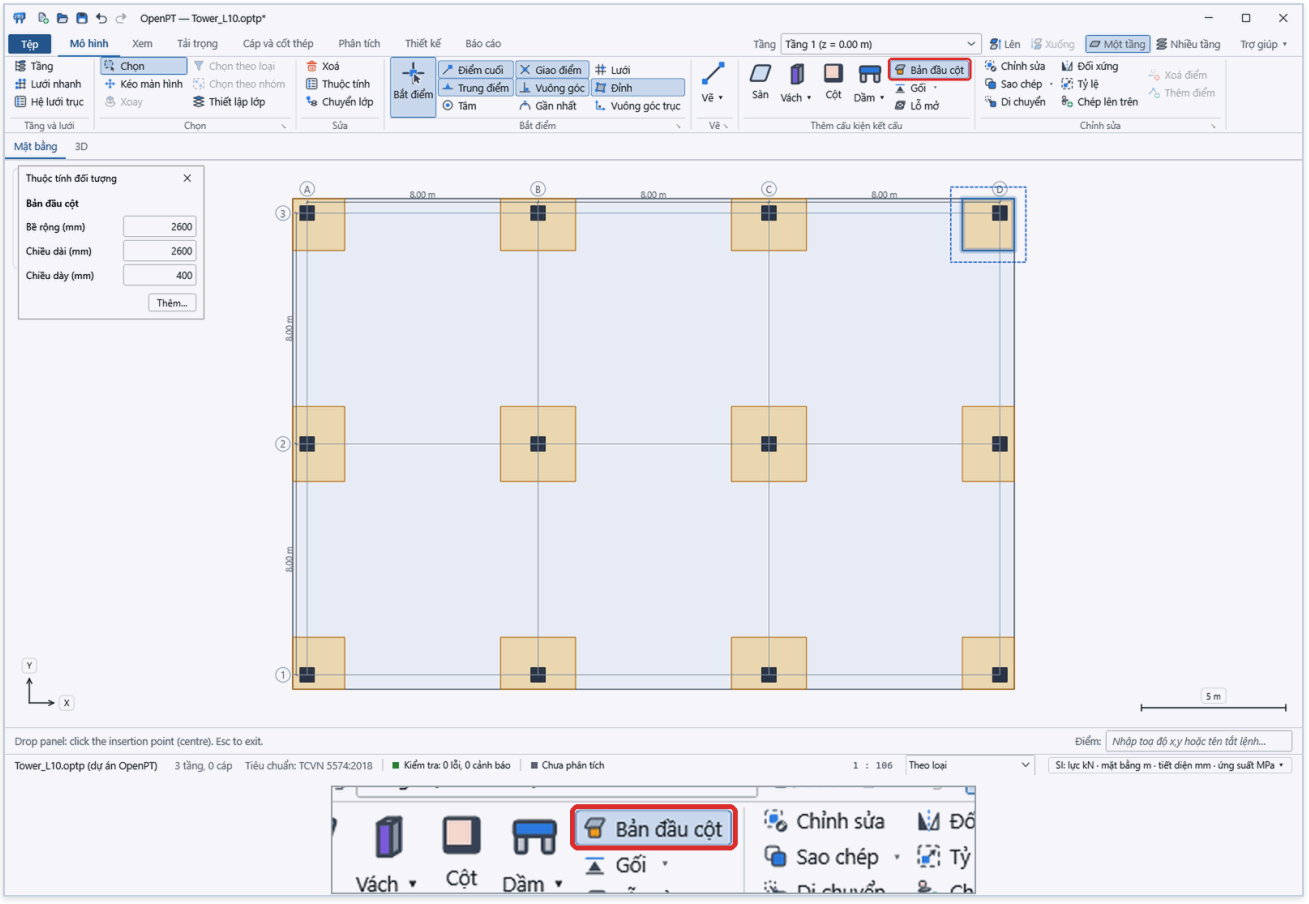
1. **Cột.** Bấm **Mô hình ▸ Thêm cấu kiện kết cấu ▸ Cột**. Chọn hình dạng chữ nhật, bề rộng 500 mm và chiều cao tiết diện 500 mm, rồi bấm vào 12 giao điểm lưới trục (Hình 5-6). Nhấn Esc để kết thúc.
2. **Sàn.** Bấm **Mô hình ▸ Thêm cấu kiện kết cấu ▸ Sàn**, đặt **Chiều dày (mm)** 250, rồi bấm bốn góc sàn, cách các trục biên 0,5 m ra phía ngoài. Nhấn Enter (hoặc C) để khép kín đường bao (Hình 5-7).
3. **Mũ cột.** Bấm **Mô hình ▸ Thêm cấu kiện kết cấu ▸ Bản đầu cột**, đặt **Bề rộng (mm)** 2600, **Chiều dài (mm)** 2600 và **Chiều dày (mm)** 400 (tổng chiều dày tính từ mặt sàn), rồi bấm vào tâm mỗi cột giữa (Hình 5-8). Ở cột biên và cột góc, dùng mũ cột nhỏ hơn để nằm gọn trong sàn: OpenPT không tự cắt mũ cột theo mép sàn.
4. Mở thẻ **3D** để kiểm tra mô hình (Hình 5-9). Thanh **Độ trong suốt của sàn** ở góc dưới bên phải giúp nhìn thấy mũ cột dưới sàn.



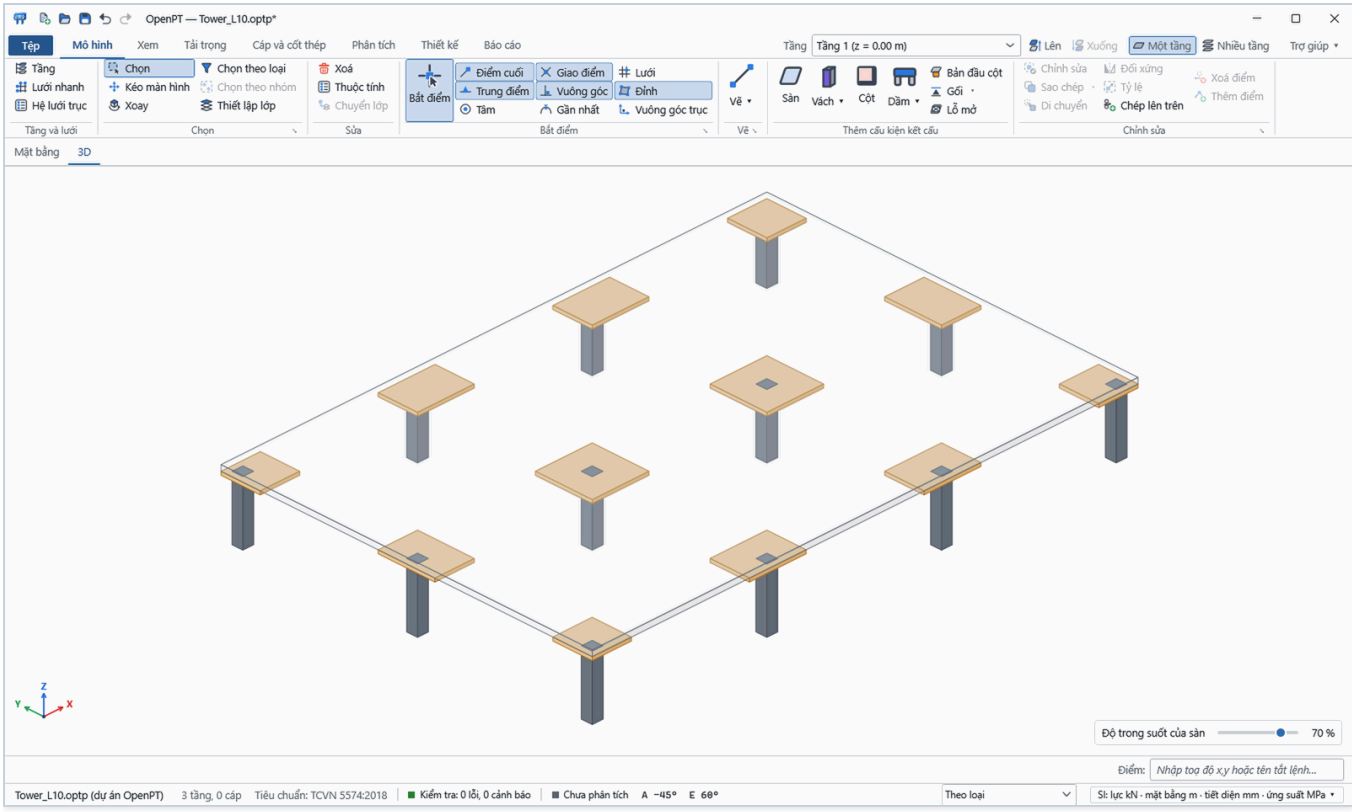
Hình 5-6. Cột tại các giao điểm lưới trục



Hình 5-7. Sàn và chiều dày sàn



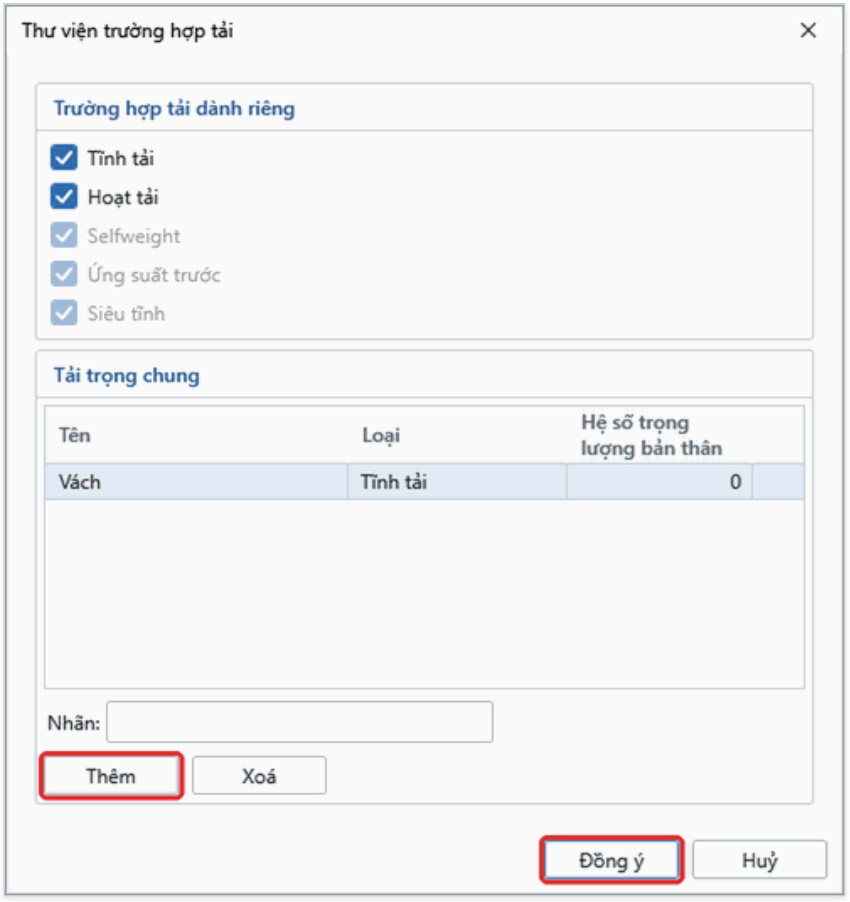
Hình 5-8. Mũ cột tại các cột



Hình 5-9. Mô hình 3D, sàn trong suốt 70 %

Bước 4. Khai báo trường hợp tải

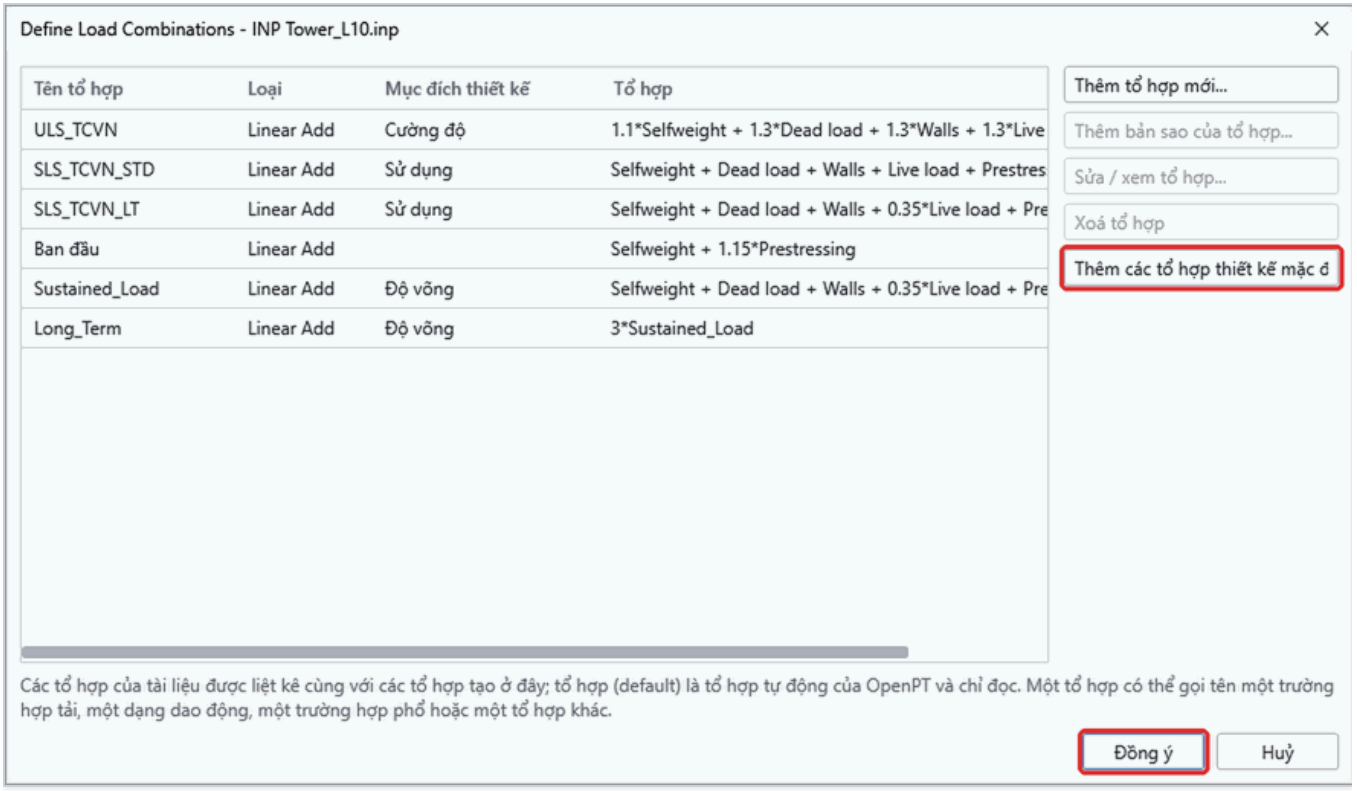
1. Bấm **Tải trọng** ▸ **Định nghĩa** ▸ **Trường hợp tải** (Hình 5-10). **Tĩnh tải** và **Hoạt tải** đã có sẵn, cùng với trọng lượng bản thân, ứng suất trước và siêu tĩnh.
2. Thêm một trường hợp cho tường bao: nhập `Walls` vào ô **Nhãn**, bấm **Thêm** và chọn loại tĩnh tải. Bấm **Đồng ý**.



Hình 5-10. Thư viện trường hợp tải với trường hợp Walls vừa thêm

Bước 5. Khai báo tổ hợp tải

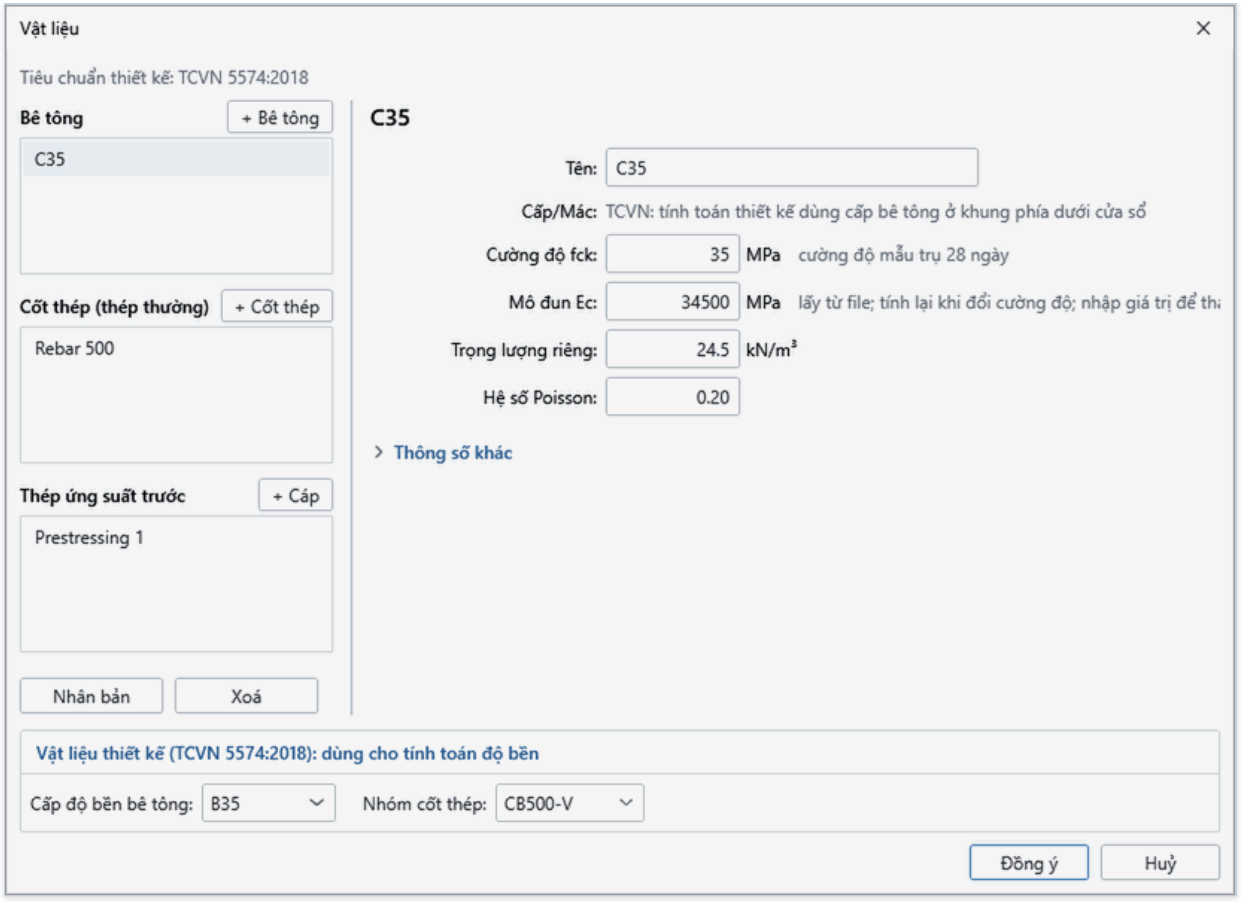
1. Bấm **Thiết kế** ▸ **Thiết kế tiết diện** ▸ **Tổ hợp thiết kế** (Hình 5-11). Mô hình mới đã có sẵn các tổ hợp của tiêu chuẩn; với TCVN là `ULS_TCVN`, `SLS_TCVN_STD`, `SLS_TCVN_LT`, Initial, Sustained_Load và Long_Term. Nếu chưa có, bấm **Thêm các tổ hợp thiết kế mặc định...**.
2. Trường hợp mới `Walls` phải có mặt trong mọi tổ hợp có tĩnh tải. Chọn một tổ hợp như vậy, bấm **Sửa / xem tổ hợp...**, thêm `Walls` với hệ số bằng hệ số của tĩnh tải, rồi bấm **Đồng ý**. Làm tương tự cho các tổ hợp còn lại.
3. **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Tổ hợp** cho biết các tổ hợp mà lệnh thiết kế sử dụng (như Hình 3-6).



Hình 5-11. Các tổ hợp TCVN, đã thêm Walls

Bước 6. Khai báo vật liệu

Bấm **Thiết kế** ▸ **Tiêu chí thiết kế** ▸ **Vật liệu** (Hình 5-12). Kiểm tra bê tông (ở đây C35, fck 35 MPa), cốt thép và cáp ứng lực trước; ở cuối cửa sổ là các cấp dùng cho thiết kế theo TCVN: cấp bê tông B35 và mác thép CB500-V. Bấm **Đồng ý**.

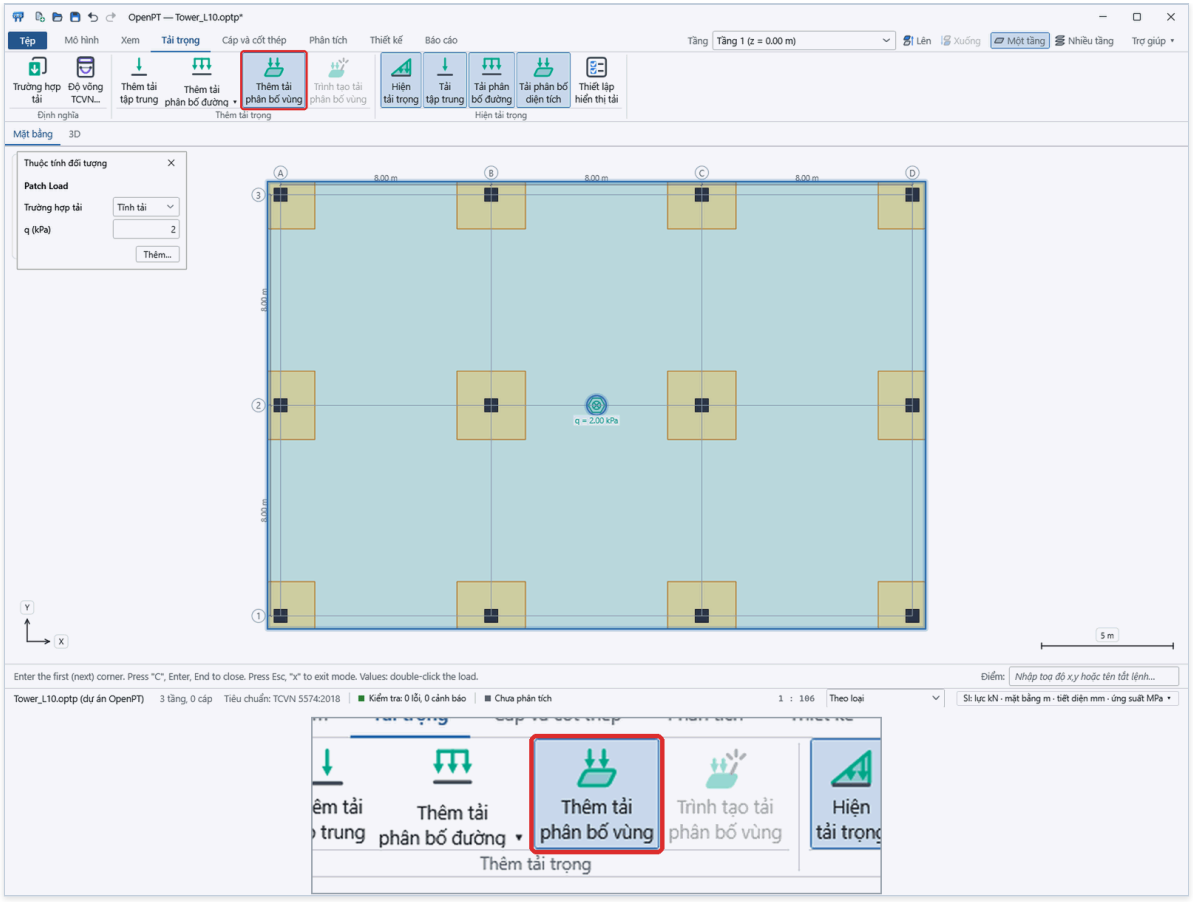


Hình 5-12. Vật liệu, các cấp thiết kế theo TCVN ở cuối cửa sổ

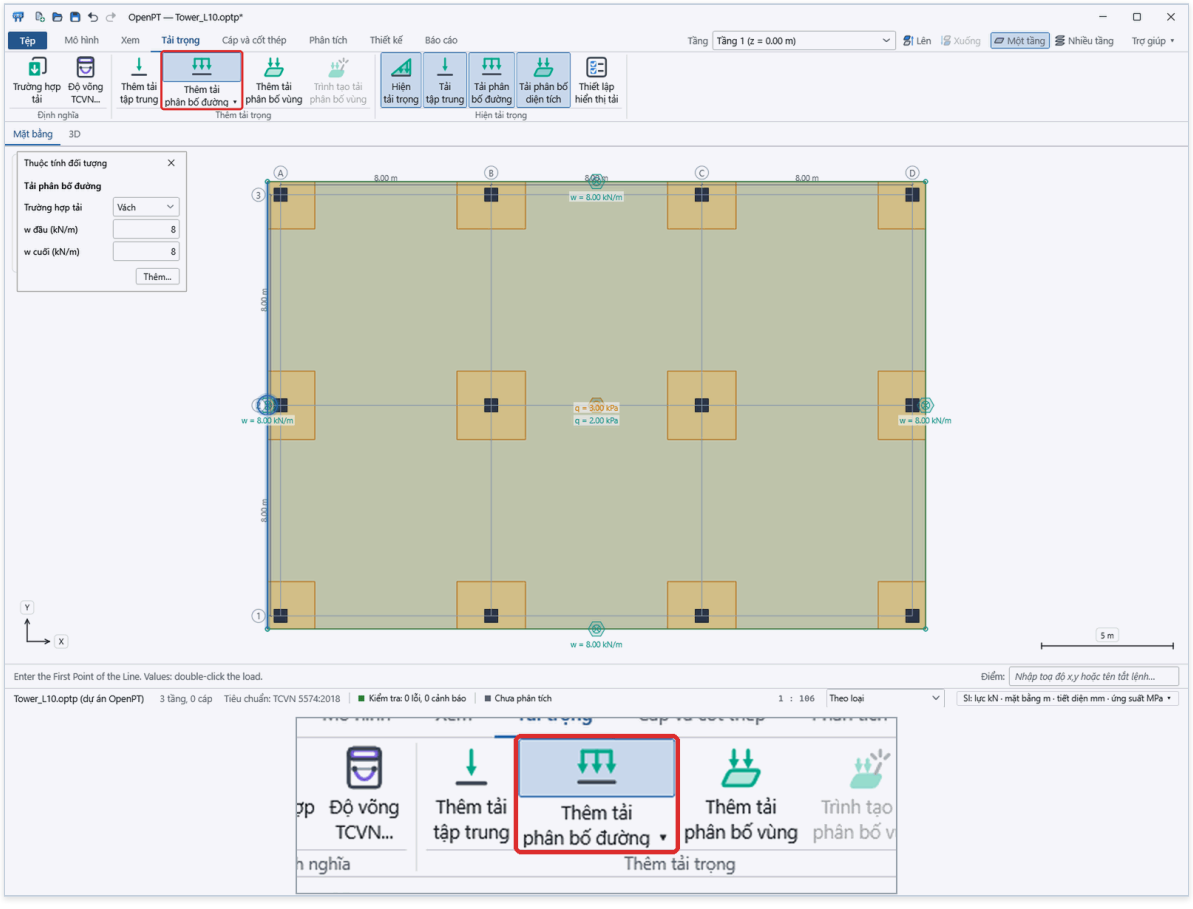
Bước 7. Gán tải phân bố vùng và tải phân bố đường

Mỗi tải lấy trường hợp tải và giá trị từ ô **Thuộc tính đối tượng**, ô này mở ra cùng công cụ.

1. Bấm **Tải trọng** ▸ **Thêm tải trọng** ▸ **Thêm tải phân bố vùng**. Trong ô thuộc tính chọn trường hợp tải là tĩnh tải và nhập **q (kPa)** 2 (Hình 5-13). Bấm bốn góc sàn rồi nhấn Enter.
2. Làm tương tự với hoạt tải và **q (kPa)** 3.
3. Bấm **Tải trọng** ▸ **Thêm tải trọng** ▸ **Thêm tải phân bố đường**. Chọn trường hợp tải `Walls`, nhập giá trị đầu và cuối đều 8 kN/m. Bấm hai đầu của một mép sàn rồi nhấn Enter; làm lại cho cả bốn mép (Hình 5-14).
4. Sau này, bấm đúp vào một tải để xem hoặc sửa giá trị.



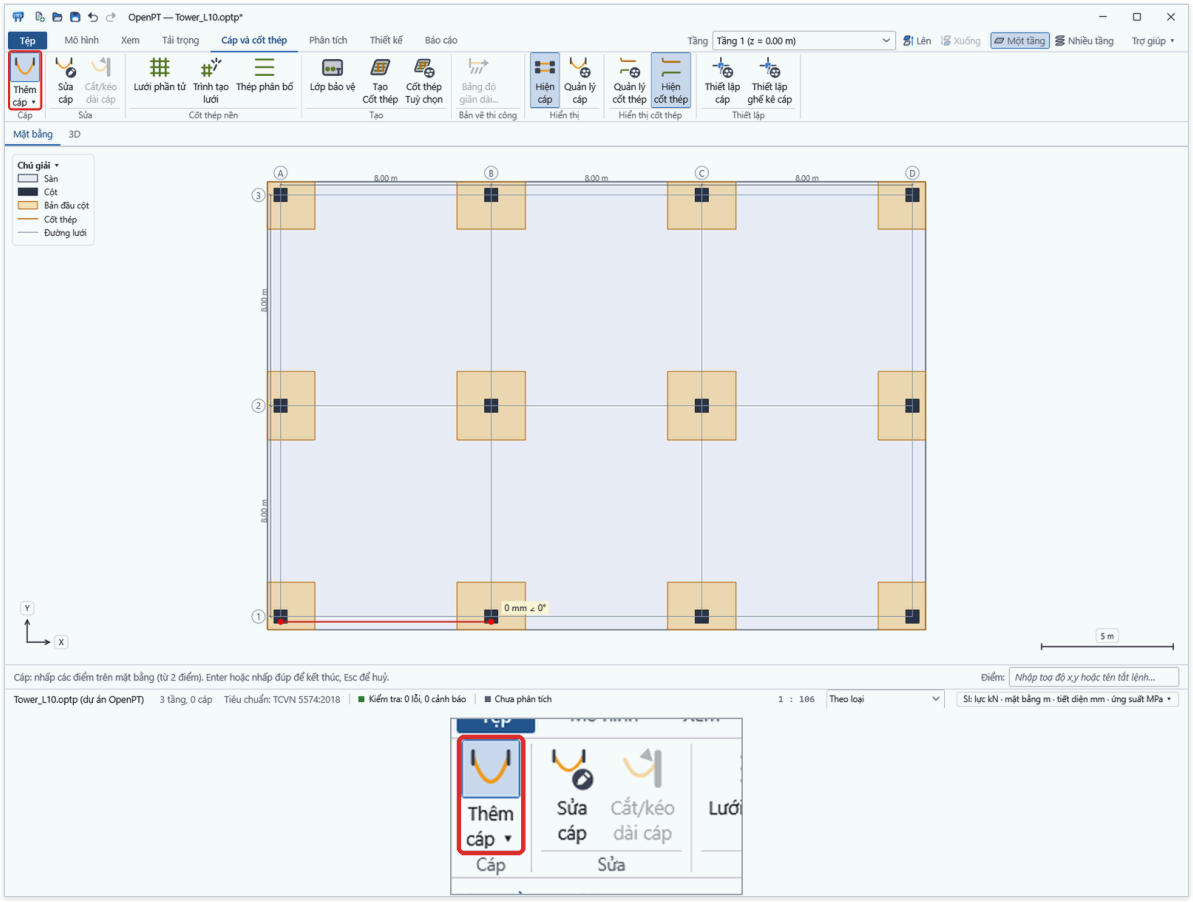
Hình 5-13. Thêm tải phân bố vùng, với trường hợp tải và giá trị



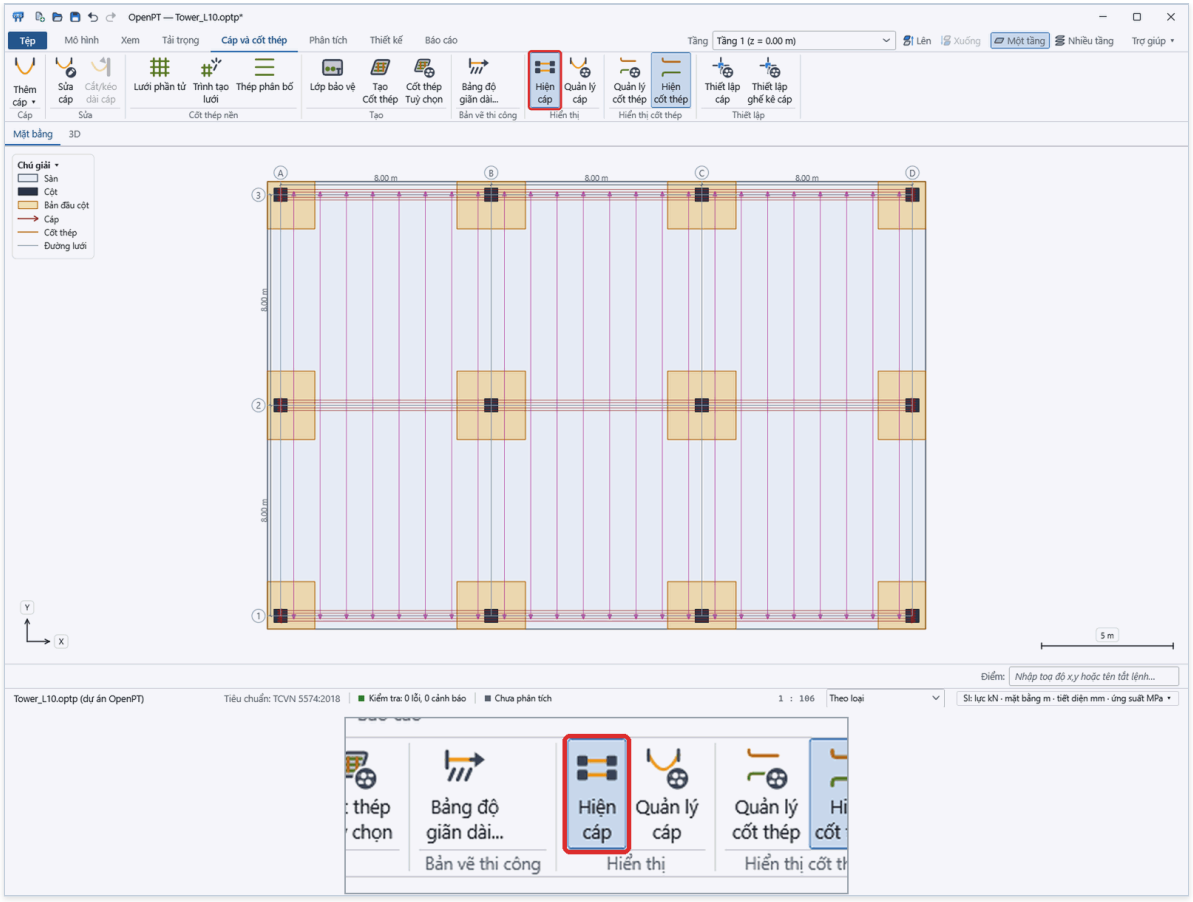
Hình 5-14. Tải phân bố đường 8 kN/m dọc các mép sàn

Bước 8. Vẽ cáp ứng lực trước

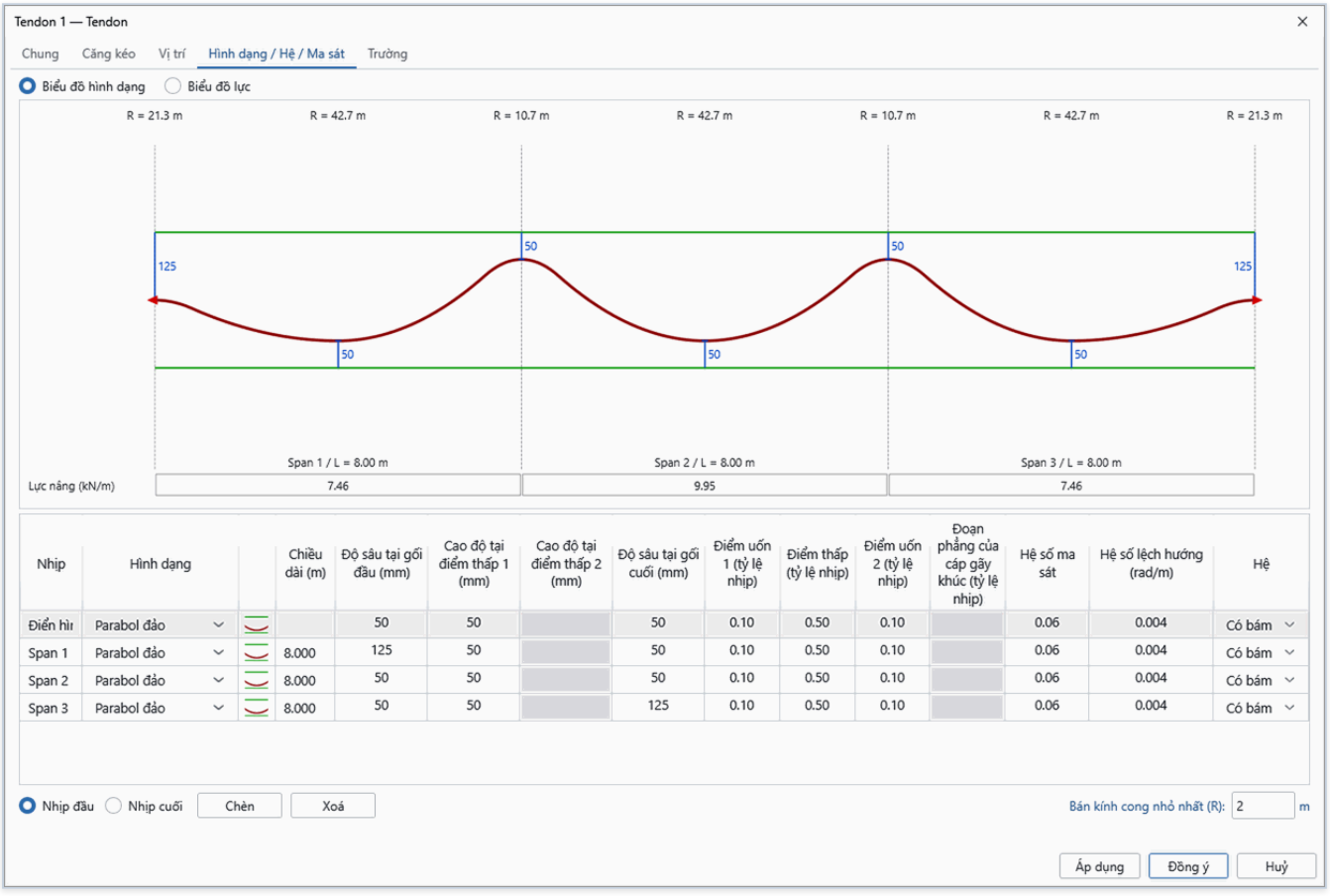
1. Mở thẻ **Cáp và cốt thép** và bấm **Cáp và cốt thép** ▸ **Cáp** ▸ **Thêm cáp** (Hình 5-15). Thanh lệnh nhắc bấm các điểm trên mặt bằng (từ 2 điểm trở lên), nhấn Enter hoặc bấm đúp để kết thúc, Esc để huỷ.
2. Bấm điểm đầu và điểm cuối của sợi cáp (hai mép sàn trên một trục) rồi nhấn Enter. Sợi cáp mới lấy số tao của sợi vừa vẽ trước đó.
3. Vẽ cáp phương X thành dải trên các trục cột (ở đây 3 dải, mỗi dải 5 cáp 4 tao) và cáp phương Y rải đều khoảng 1,0 m (ở đây 24 cáp 2 tao) (Hình 5-16).
4. Bấm đúp vào một sợi cáp để mở cửa sổ cáp (Hình 5-17). Ở thẻ **Chung**, kiểm tra số tao. Ở thẻ **Hình dạng / Hệ / Ma sát**, đặt hình dạng cáp: nhập một lần ở dòng **Điển hình** thì giá trị được ghi cho mọi nhịp. Ở đây cáp cách mặt trên 50 mm tại các gối giữa, cách đáy sàn 50 mm tại điểm thấp và ở giữa chiều dày (125 mm) tại đầu neo. Bấm **Đồng ý**. Làm như vậy cho từng sợi cáp.



Hình 5-15. Thêm cáp



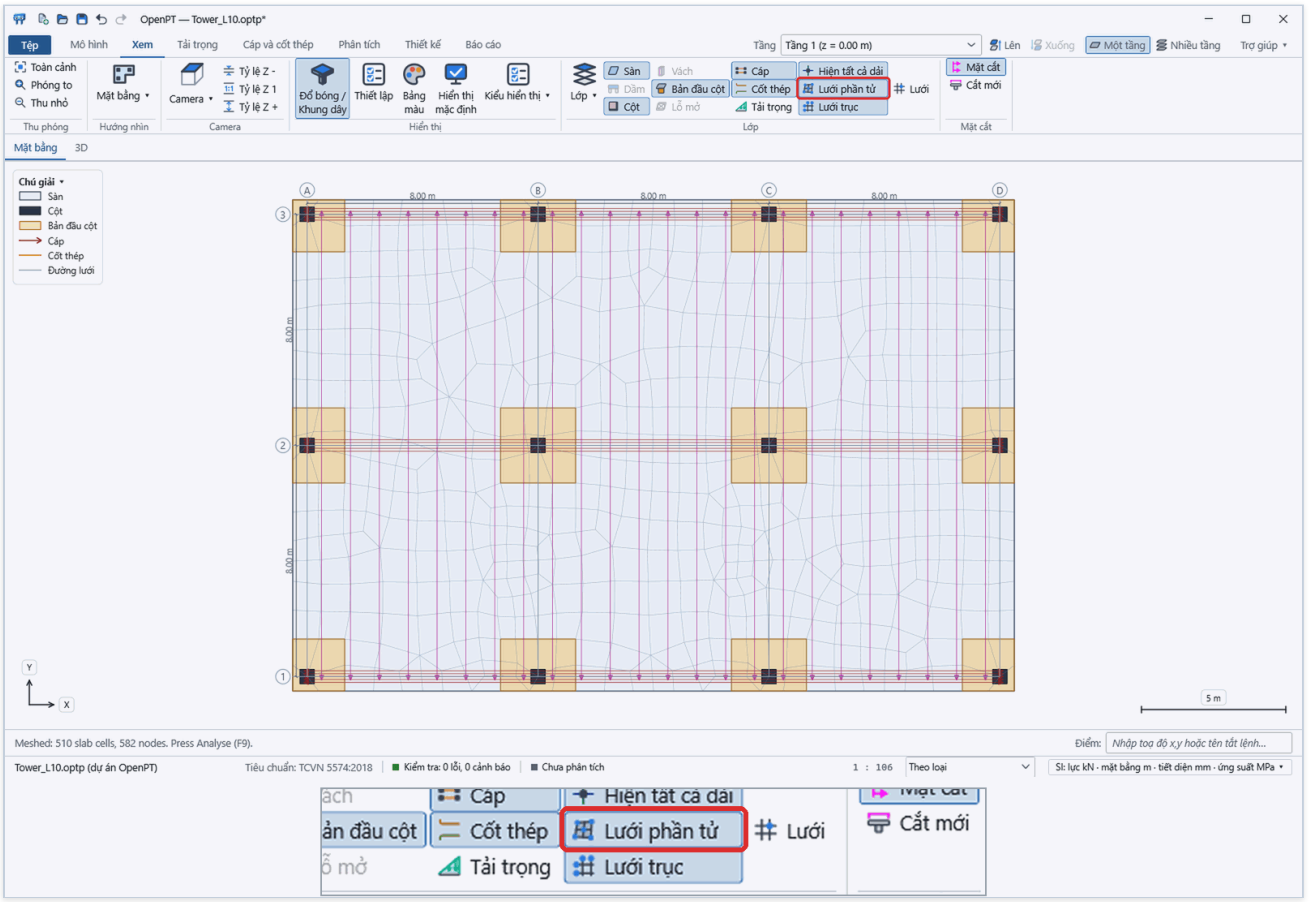
Hình 5-16. Toàn bộ cáp: theo dải phương X, rải đều phương Y



Hình 5-17. Cửa sổ cáp: hình dạng một sợi cáp trong dải

Bước 9. Chia lưới

Bấm **Phân tích** ▸ **Chia lưới** ▸ **Chia lưới**, giữ các giá trị đề xuất và bấm **Đồng ý** (như Hình 2-5). **Xem** ▸ **Lớp** ▸ **Lưới phần tử** cho thấy các ô lưới (Hình 5-18).



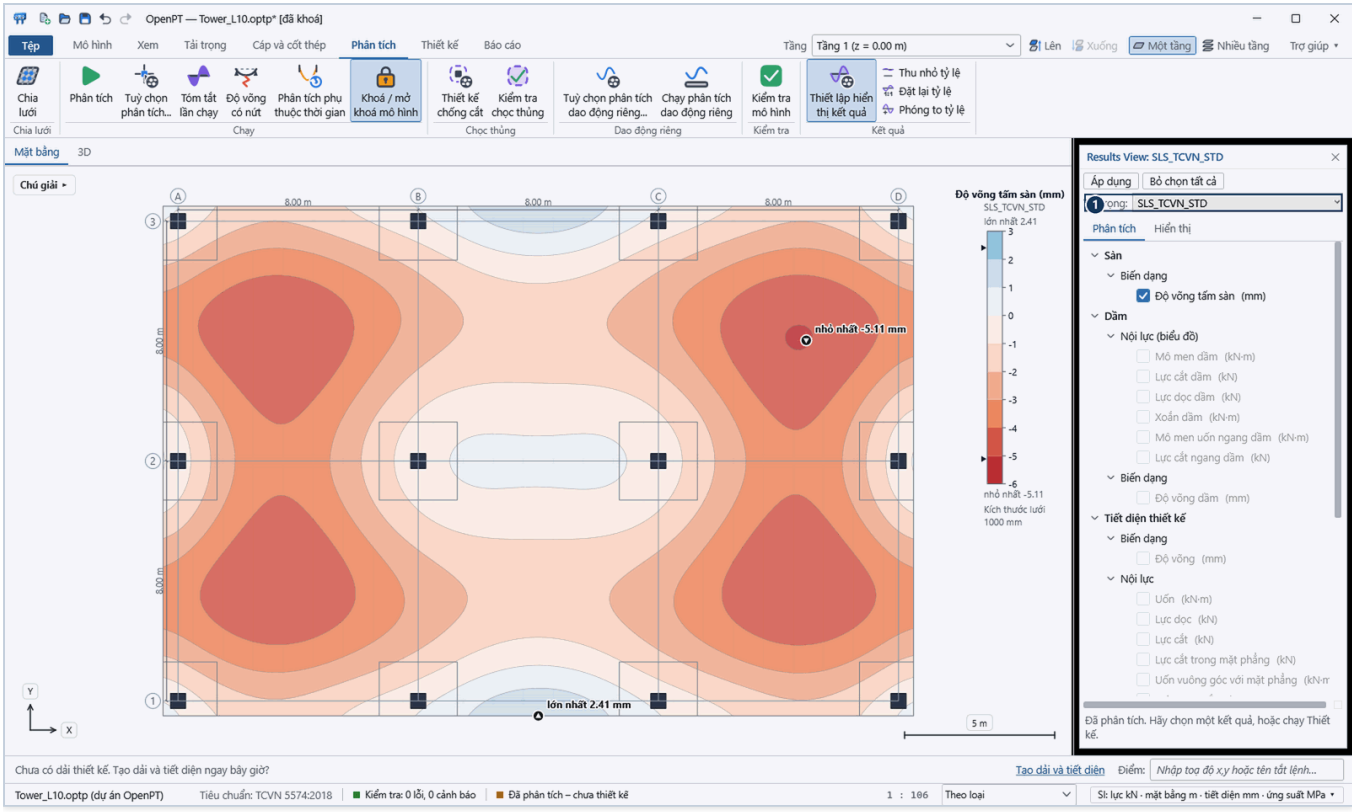
Hình 5-18. Sàn đã chia lưới

Bước 10. Phân tích

Nhấn **F9** (**Phân tích** ▸ **Chạy** ▸ **Phân tích**). Khi chạy xong, mô hình được khoá và mặt bằng hiển thị độ võng của tổ hợp sử dụng đầu tiên.

Bước 11. Xem độ võng

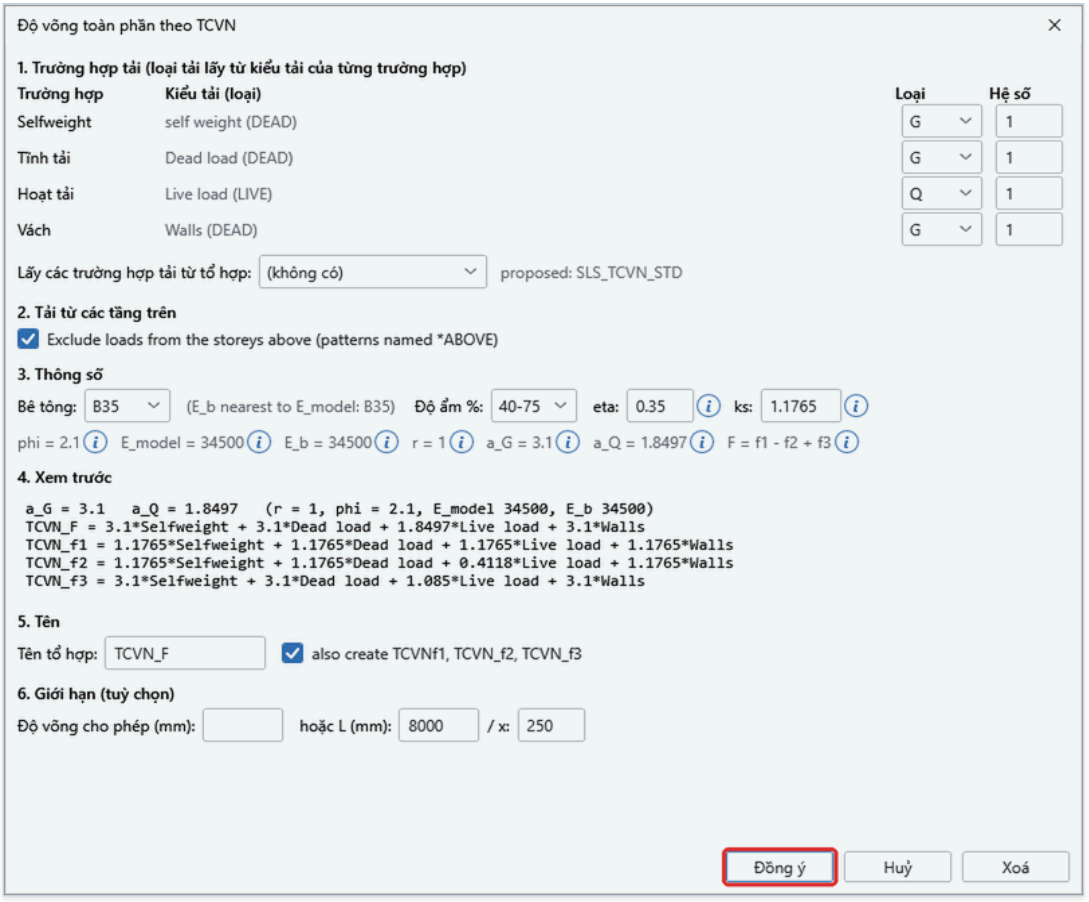
1. Trong ô **Tải trọng** của Khung kết quả, chọn một tổ hợp sử dụng, ví dụ `SLS_TCVN_STD`.
2. Đánh dấu **Sàn** ▸ **Biến dạng** ▸ **Độ võng tấm sàn** (Hình 5-19). Giá trị lớn nhất và nhỏ nhất được đánh dấu trên mặt bằng; thang màu cho giá trị theo mm.



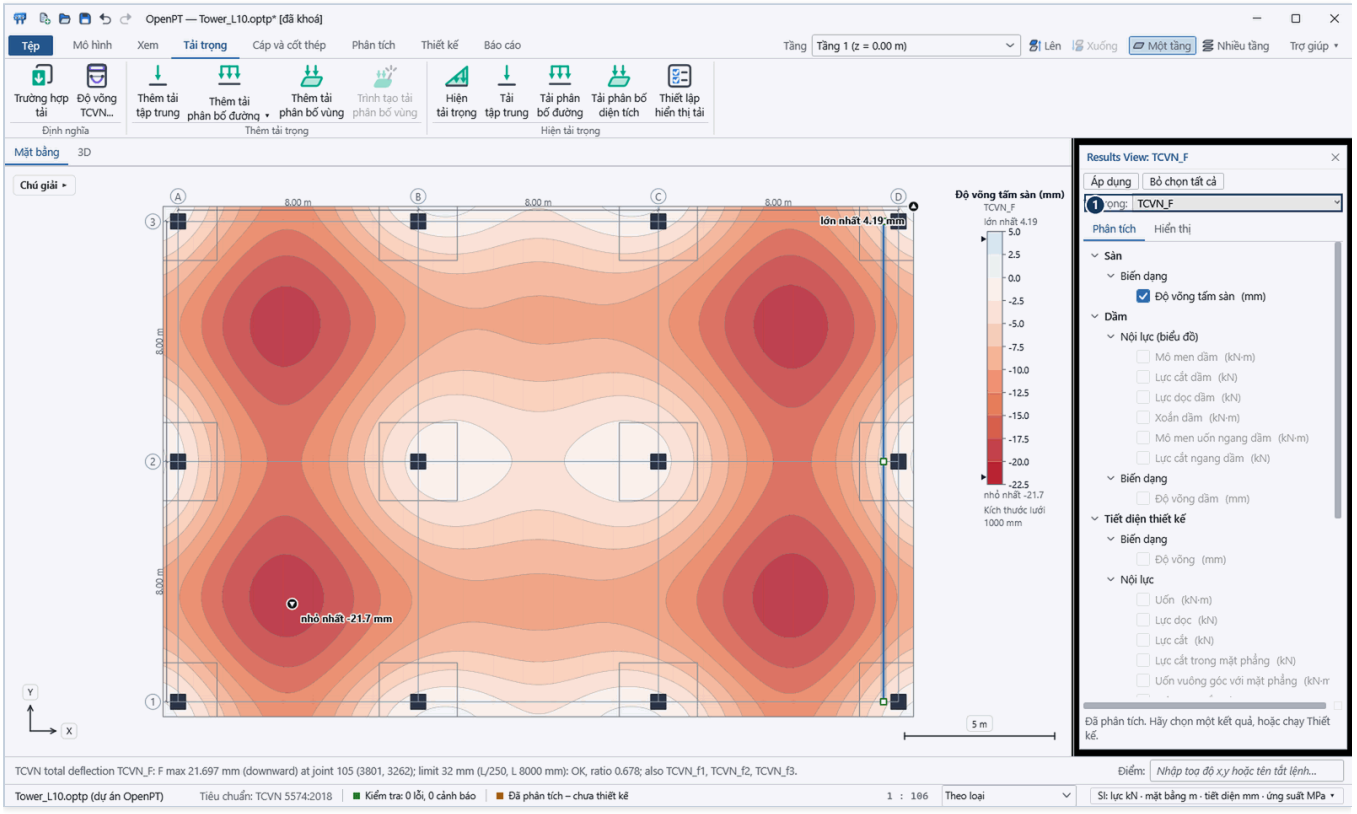
Hình 5-19. Độ võng sàn với tổ hợp SLS_TCVN_STD

Bước 12. Độ võng toàn phần theo TCVN

1. Bấm **Tải trọng** ▸ **Định nghĩa** ▸ **Độ võng TCVN** (Hình 5-20).
2. Kiểm tra phân loại: trọng lượng bản thân, tĩnh tải và `Walls` là **G**, hoạt tải là **Q**.
3. Ở mục **6. Giới hạn (tuỳ chọn)**, nhập L (mm) 8000 và **/ x** 250, rồi bấm **Đồng ý**.
4. Chọn `TCVN_F` trong ô **Tải trọng** (Hình 5-21). Ở đây dòng thông báo cho F lớn nhất 21,7 mm so với giới hạn 32 mm: đạt, tỷ số 0,68.



Hình 5-20. Độ võng toàn phần theo TCVN

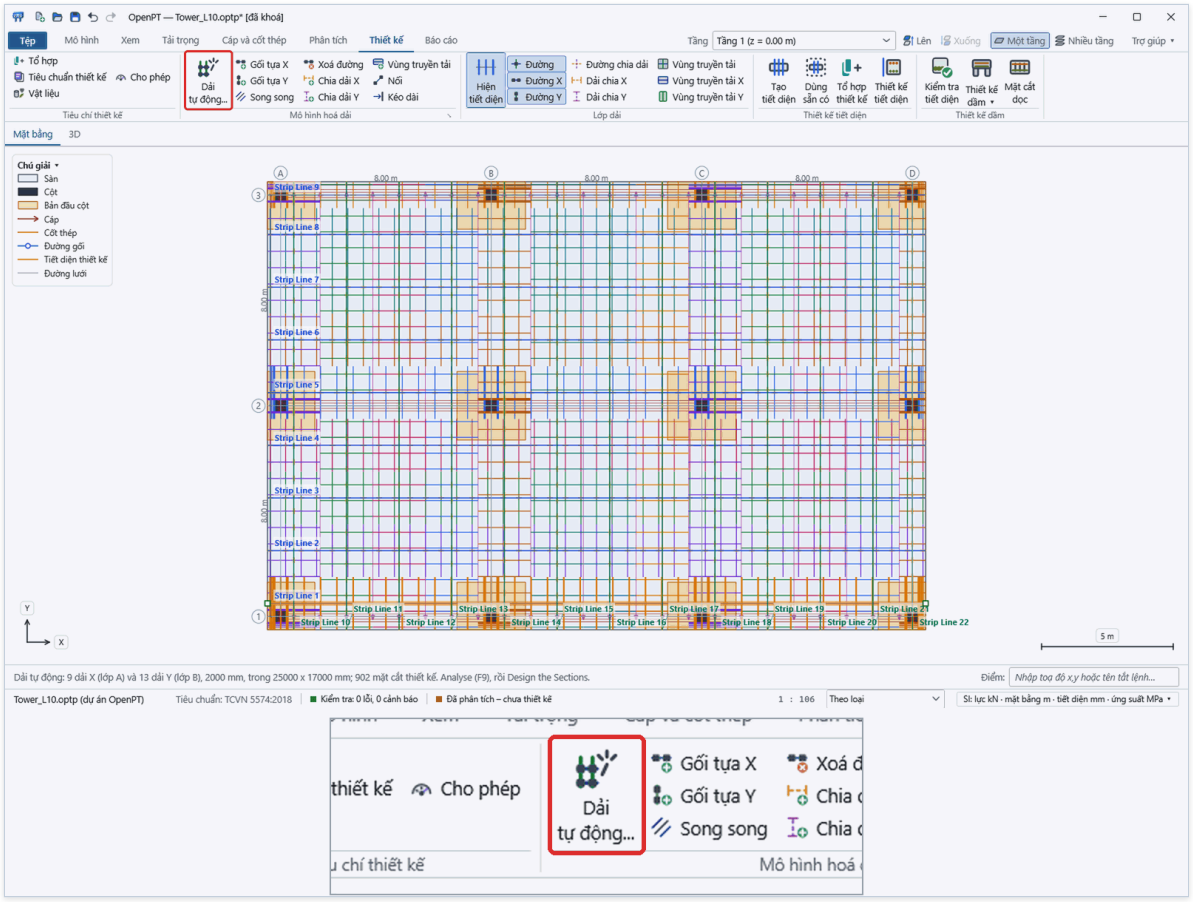


Hình 5-21. Độ võng toàn phần F theo TCVN

> **Ghi chú:** các tổ hợp TCVN chỉ gồm các trường hợp tải được phân loại G và Q. Ứng suất trước không nằm trong số đó, nên F không kể đến độ vồng lên do cáp.
>
> **Mẹo:** hãy tạo các tổ hợp TCVN trước khi thiết kế. Thêm tổ hợp làm kết quả thiết kế đã có trở nên cũ, và khi đó lệnh tạo cốt thép và thuyết minh sẽ yêu cầu chạy lại thiết kế.

Bước 13. Tạo dải thiết kế tự động

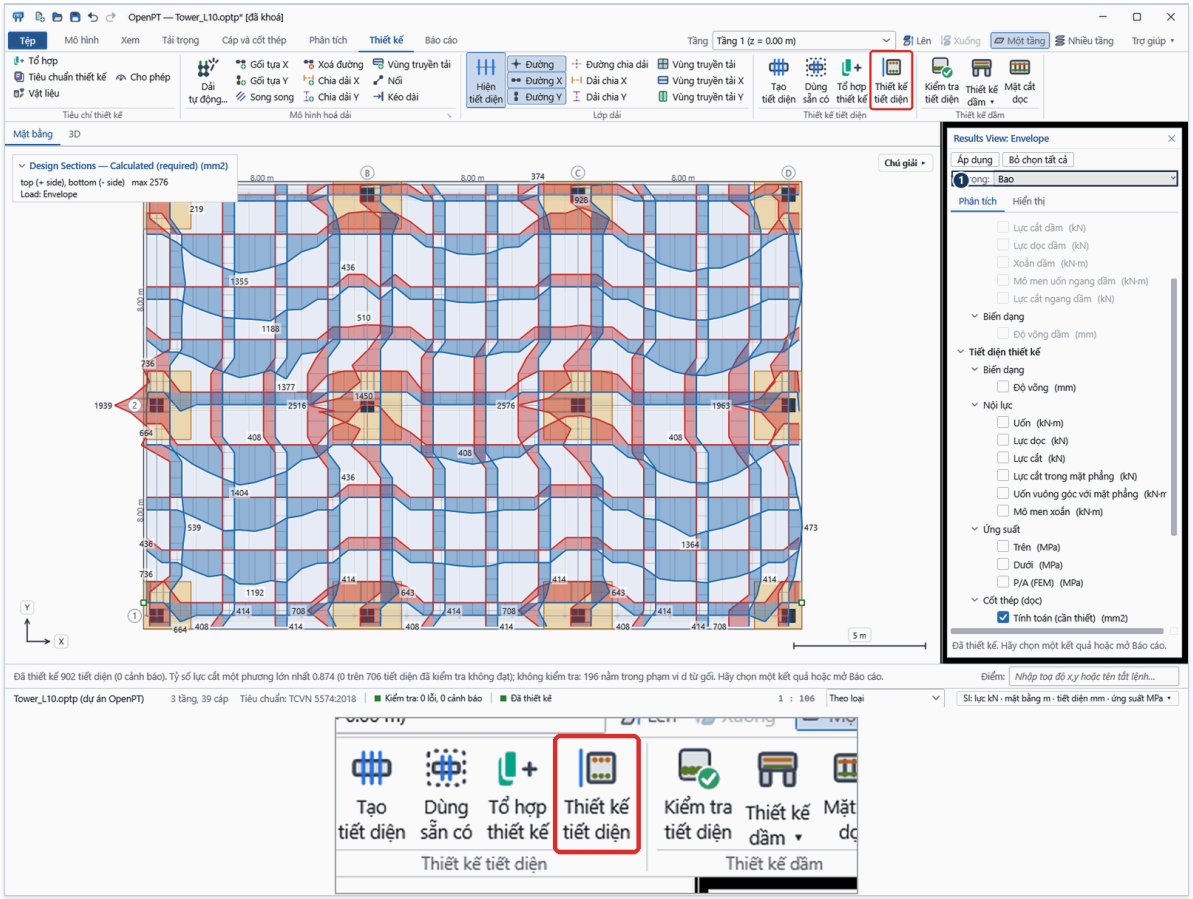
Bấm **Thiết kế** ▸ **Mô hình hoá dải** ▸ **Dải tự động...**, giữ **Khoảng cách** 2 m và bấm **Đồng ý** (như Hình 4-4). OpenPT tạo các đường gối theo X và Y cùng các tiết diện thiết kế (Hình 5-22).



Hình 5-22. Đường gối và tiết diện thiết kế do lệnh Dải tự động tạo

Bước 14. Chạy thiết kế

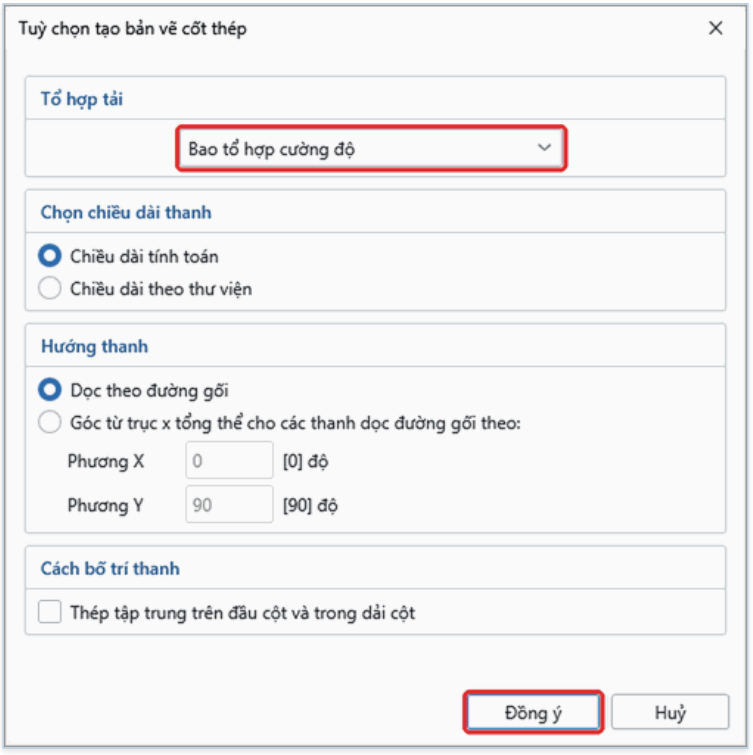
1. Bấm **Thiết kế** ▸ **Thiết kế tiết diện** ▸ **Thiết kế tiết diện**. OpenPT thiết kế mọi tiết diện cho mọi tổ hợp thiết kế theo TCVN; ở đây 902 tiết diện, không có cảnh báo.
2. Chọn **Bao** trong ô **Tải trọng** để xem lượng thép yêu cầu của mọi tổ hợp thiết kế (Hình 5-23).



Hình 5-23. Cốt thép yêu cầu theo bao

Bước 15. Tính thép theo bao tổ hợp cường độ

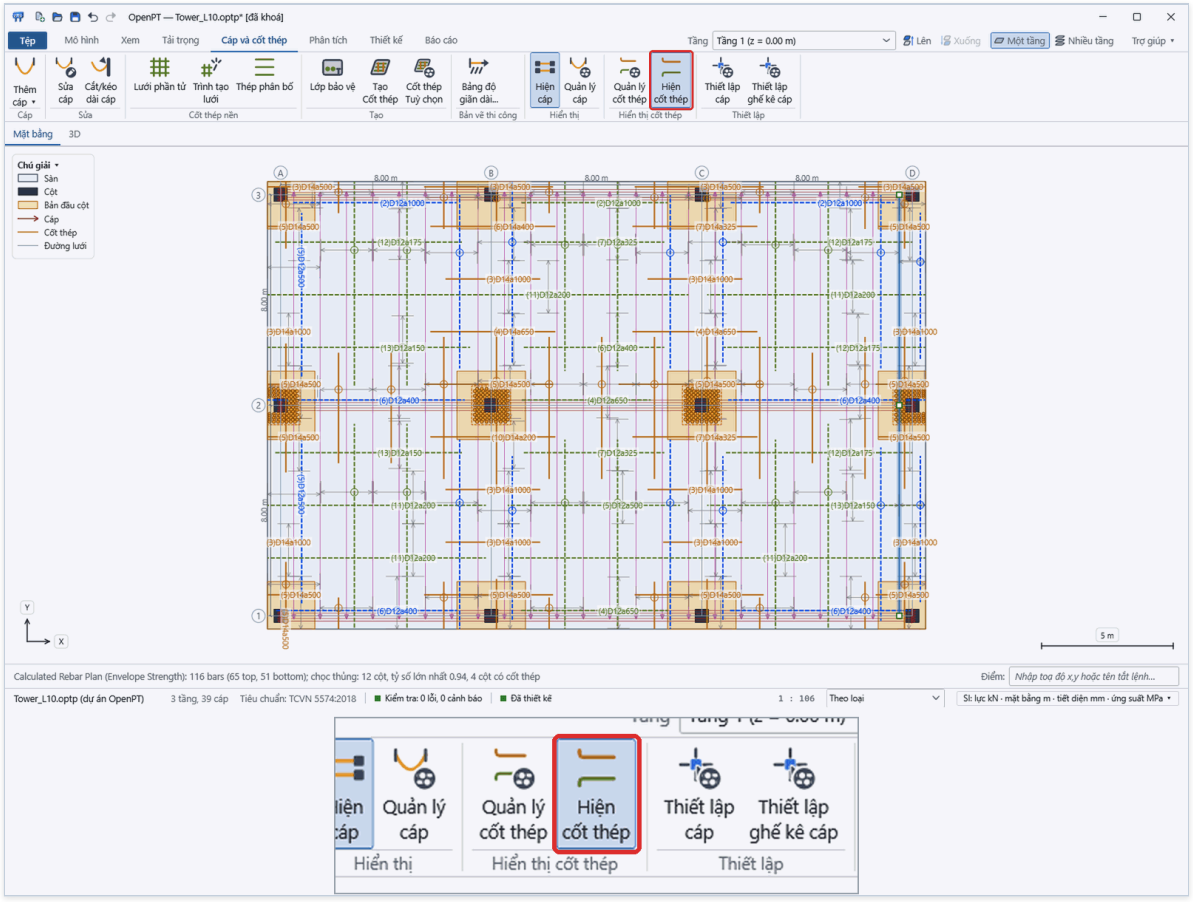
1. Bấm **Cáp và cốt thép** ▸ **Tạo** ▸ **Tuỳ chọn cốt thép**.
2. Trong hộp thoại **Tuỳ chọn tạo bản vẽ cốt thép**, chọn tổ hợp tải **Bao tổ hợp cường độ**, giữ chiều dài tính toán và hướng thanh theo đường gối, rồi bấm **Đồng ý** (Hình 5-24). OpenPT tạo thanh thép tính toán cho bao của các tổ hợp cường độ.



Hình 5-24. Tuỳ chọn cốt thép với Bao tổ hợp cường độ

Bước 16. Hiện thép tính toán trên mặt bằng

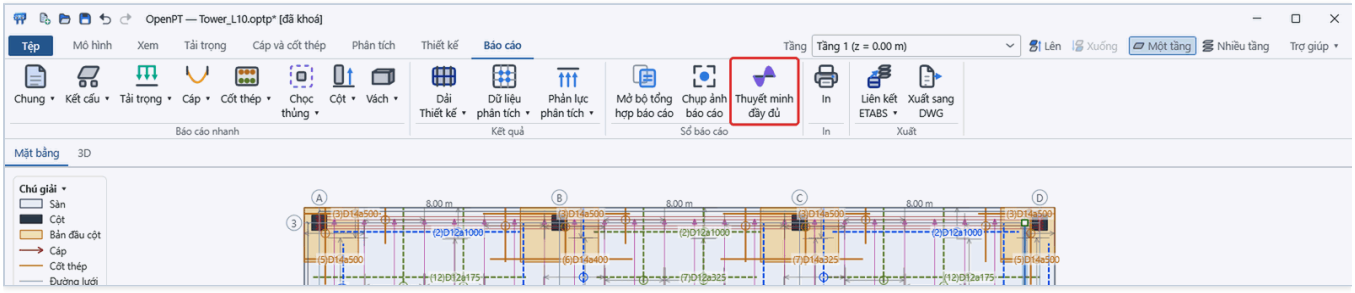
Kiểm tra nút **Cáp và cốt thép** ▸ **Hiển thị cốt thép** ▸ **Hiện cốt thép** đang được bật (Hình 5-25). Mặt bằng hiển thị thanh thép lớp trên và lớp dưới kèm nhãn; dòng trạng thái cho số thanh (ở đây 116) và tải trọng dùng để tạo thép.



Hình 5-25. Thép tính toán trên mặt bằng

Bước 17. Xuất thuyết minh đầy đủ và lưu

1. Bấm **Báo cáo** ▸ **Sổ báo cáo** ▸ **Thuyết minh đầy đủ** (Hình 5-26) và chọn tên tệp, ví dụ `Tower_L10_report.docx`.
2. OpenPT ghi tệp Word; dòng trạng thái ghi tên tệp, số bảng và số hình, và phần nào chưa chạy (ở đây là độ võng có kể đến vết nứt).
3. Nhấn **Ctrl+S** để lưu công việc vào `Tower_L10.optp`.



Hình 5-26. Thuyết minh đầy đủ trên thẻ Báo cáo

Tìm hiểu thêm

- **Trợ giúp** ▾ ▸ **Tài liệu…** mở OpenPT User Manual, mô tả mọi lệnh, trường nhập liệu, công thức và giới hạn, cùng các báo cáo kiểm chứng.
- **Trợ giúp** ▾ ▸ **Phím tắt** liệt kê và cho phép đổi phím tắt.