

TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA BẢN BÊ TÔNG CỐT THÉP BẰNG PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG GIỚI HẠN CHỊU TÁC DỤNG TẢI TẬP TRUNG

CALCULATION OF THE BEARING CAPACITY OF ORTHOTROPIC REINFORCED CONCRETE SLABS USING LIMIT EQUILIBRIUM METHOD OF RESISTANCE TO CONCENTRATED LOADS

➔ **TS. Nguyễn Hiệp Đồng** - Giảng viên, khoa Xây dựng, ĐH Kiến trúc Hà Nội,
Email: nguyenhiepdong@gmail.com

Tóm tắt: Bản bê tông cốt thép thường được tính toán với trường hợp tải trọng phân bố đều, tuy nhiên trong thực tế cũng có trường hợp bản chịu tác dụng tải trọng tập trung. Bài báo này giới thiệu phương pháp tính toán khả năng chịu lực của bản bê tông cốt thép chịu tải trọng tập trung bằng phương pháp cân bằng giới hạn.

Từ khóa: Bản bê tông cốt thép, phương pháp cân bằng giới hạn, tải trọng tập trung.

1. Tổng quan

Tính toán khả năng chịu lực của bản bê tông cốt thép bằng phương pháp cân bằng giới hạn chịu tải trọng phân bố đều đã được nhiều tác giả nghiên cứu và phát triển như trong các tài liệu [1-3] và [4]. Trong [4] tác giả đã trình bày chi tiết về việc tính toán khả năng chịu lực của bản bê tông cốt thép đẳng hướng và trục hướng chịu tải trọng phân bố đều. Nhưng trong thực tế, ngoài trường hợp tải trọng phân bố đều bản còn chịu tác dụng của tải trọng tập trung. Việc tính toán khả năng chịu lực của bản chịu tải trọng tập trung ít được các tác giả nghiên cứu và báo cáo. Bài báo này tác giả tiếp tục giới thiệu về việc tính toán khả năng chịu lực của bản bê tông cốt thép đẳng hướng chịu tác dụng tải trọng tập trung bằng phương pháp cân bằng giới hạn.

2. Cơ sở lý thuyết

a. Phương trình cân bằng công ảo ở trạng thái giới hạn

Để giải được bài toán này thì cần phải thiết lập được phương trình cân bằng công ảo. Trong [1] đã thiết lập phương trình cân bằng công ảo với trường hợp tải trọng tập trung ta có phương trình cân bằng công như sau:

$$\sum P\Delta = \sum \theta \bar{M} \cos(\theta \bar{M}) \quad (1)$$

Trong đó: Δ - là chuyển vị lớn nhất tại điểm tác dụng lực tập trung; θ - góc xoay tương ứng của các phần tử, P - tải trọng tập trung, M - mô men uốn.

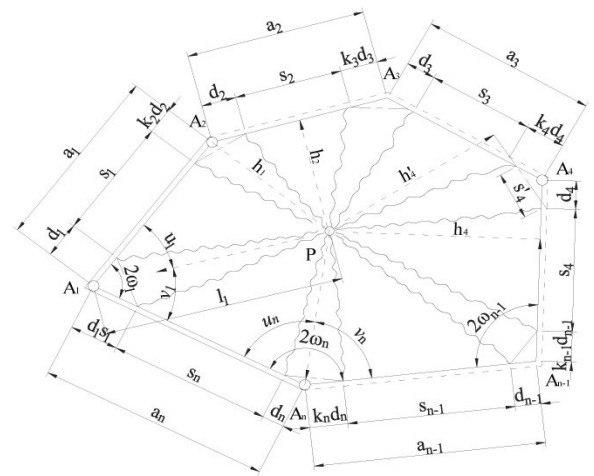
b. Quy luật hình thành cơ cấu phá hoại.

Trong bản đẳng hướng chịu tác dụng một lực tập trung thì tâm gãy khúc trùng với điểm tác dụng

Abstract: In reinforced concrete design, slabs are commonly analyzed under uniformly distributed loads; however, in practice, slabs are also subjected to concentrated loads. This paper introduces a method for calculating the load-carrying capacity of reinforced concrete slabs under concentrated loading using the limit equilibrium method.

Keywords: Reinforced concrete slab, limit equilibrium method, concentrated loading.

lực và có giá trị chuyển vị lớn nhất Δ . Khi đó tất cả đường gãy khúc dương (chịu mô men dương) được hình thành từ điểm đặt lực và kết thúc ở các cạnh liên kết của bản (Hình 1) và tạo thành hình chóp với đỉnh là điểm đặt lực và đáy là các cạnh biên của bản và các cạnh ở góc chịu mô men âm.



dụng lực tập trung được nghiên cứu bởi nhà khoa học người Nga A.P Rdzanhisin.

c. Bản mặt bằng chữ nhật

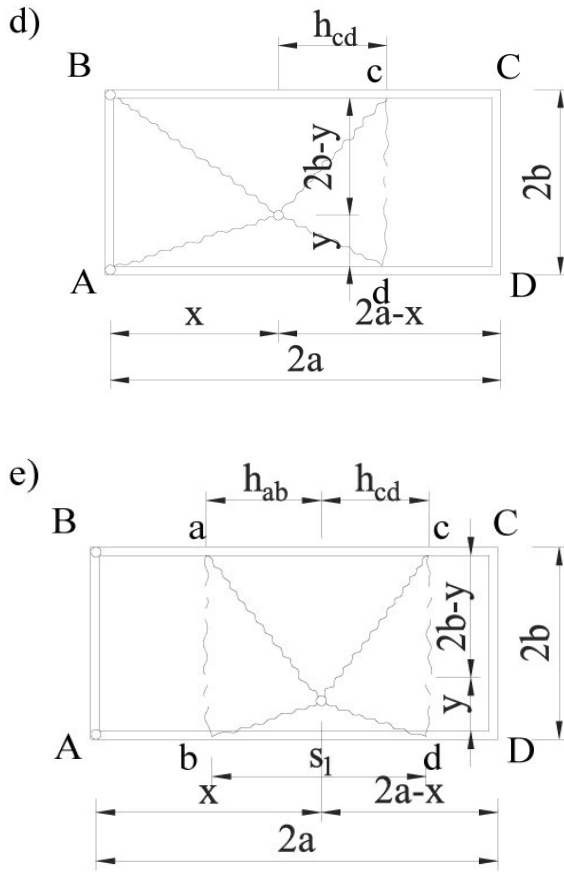
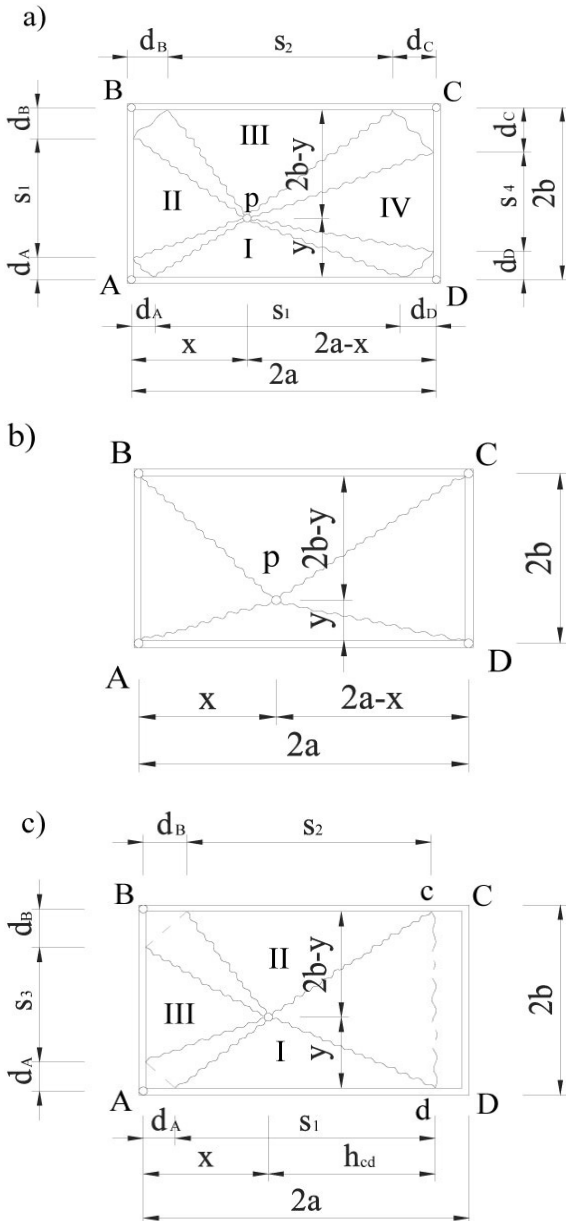
- Cơ cấu phá hoại

Đối với bản hình chữ nhật chịu tác dụng tải trọng tập trung phụ thuộc vào điểm đặt lực và tỷ lệ các cạnh có thể xảy ra ba dạng sau:

- Cơ cấu phá hoại dạng 1: tất cả các góc đều tham gia làm việc (Hình 2,a). Nếu tất cả các góc của bản được liên kết ngàm toàn phần thì các đường gãy khúc sẽ từ điểm đặt lực nổi thẳng đến các đỉnh của các góc của bản (Hình 2,b).

- Cơ cấu phá hoại dạng 2: khi một cạnh ngắn của bản không tham gia vào vùng chịu lực (Hình 2,c, 2,d).

- Cơ cấu phá hoại dạng 3: khi cả hai cạnh ngắn của bản nằm ngoài vùng tác dụng lực (Hình 2,e).



Hình 2. Các dạng cơ cấu phá hoại của bản hình chữ nhật chịu tác dụng tải trọng tập trung

Trong phạm vi bài báo này tác giả chỉ giới thiệu phần tính toán với bản trục hướng có các góc là ngàm toàn phần và có liên kết khớp xung quanh. Cụ thể các trường hợp như sau:

- Bản có cơ cấu phá hoại dạng 1 (Hình 2,b).

Tải trọng giới hạn của bản được tính theo công thức:

$$P = 2M_0 \left(\frac{b}{x} + \frac{b}{2a-x} + \frac{a}{y} + \frac{a}{2b-y} \right) \quad (2)$$

Trong đó x, y là tọa độ của điểm tác dụng lực tập trung.

- Bản với trường hợp cơ cấu phá hoại dạng 2 (Hình 2, d).

Khảo sát trường hợp lực tập trung đặt nửa trái (x < a). Tải trọng giới hạn được xác định theo công thức sau:

$$P = M_0 \chi \quad (3)$$

Trong đó:

$$\chi = \sum_{\text{biên}} \frac{s}{h} + \sum_{\text{góc}} (1 + \mu) \frac{s'}{h'} = \frac{2b}{x} + \frac{x}{y} + \frac{x}{2b-y} + 2\sqrt{1 + \mu_{cd}} \left(\sqrt{\frac{y}{2b-y}} + \sqrt{\frac{2b-y}{y}} \right) \quad (4)$$

Trong trường hợp không có cốt thép trên của

bản dọc theo đường cd trục quay cd gắn với điểm tác dụng tải trọng, khi đó tải trọng giới hạn sẽ được tính toán như sau:

$$P = M_0 \left[\frac{2b}{x} + \frac{x}{y} + \frac{x}{2b-y} + 2 \left(\sqrt{\frac{y}{2b-y}} + \sqrt{\frac{2b-y}{y}} \right) \right] \quad (5)$$

- Bản có cơ cấu phá hoại dạng thứ 3 (Hình 2,e): Tải trọng giới hạn được xác định như sau:

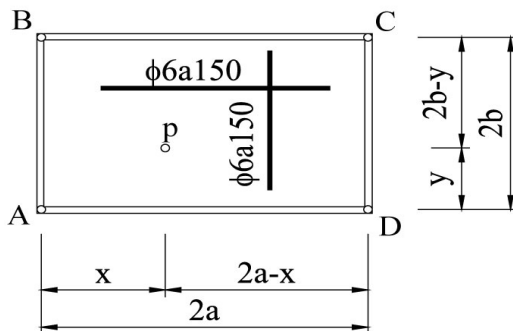
$$P = 2M_0 \sum_{\text{góc}} (1+\mu) \frac{s'}{h'} = 2M_0 \left(\sqrt{1+\mu_{ab}} + \sqrt{1+\mu_{cd}} \right) \left(\sqrt{\frac{y}{2b-y}} + \sqrt{\frac{2b-y}{y}} \right) \quad (6)$$

Nếu như trên hai đường ab và cd không bố trí cốt thép trên khi đó ta có: $\mu_{ab} = \mu_{cd} = 0$

$$P = 4M_0 \left(\sqrt{\frac{y}{2b-y}} + \sqrt{\frac{2b-y}{y}} \right) \quad (7)$$

Ví dụ:

Tính toán tải trọng giới hạn tác dụng lên bản đẳng hướng hình chữ nhật có liên kết khớp các cạnh với điều kiện ngàm hoàn toàn ở các góc, bản có kích thước: $2a=4\text{m}$; $2b=3\text{m}$, chịu tác dụng tải trọng tập trung tại điểm có $x=2,0\text{ m}$, $y=1,5\text{m}$ (Hình 3). Chiều dày bản 10cm, bê tông có cấp độ bền B20, cốt thép được bố trí ở nhịp theo hai phương như nhau $\phi 6$, $a=150\text{mm}$ nhóm C240T, bố trí cốt thép lớp trên ở các cạnh AB và CD như nhau ($\mu_{ab} = \mu_{cd} = 0,2$).



Hình 3. Bản bố trí cốt thép cho ví dụ 1

Các tham số vật liệu:

B20 có $R_b = 11,5\text{ Mpa}$, Cốt thép nhóm CB240T có $R_s = 240\text{ Mpa}$; $\alpha_{pl} = 0,3$

Chiều cao làm việc của bản: $h_0 = h - a = 100 - 15 = 85(\text{mm})$

Diện tích cốt thép chịu kéo trên một đơn vị 1m dài: Theo phương X và Y:

$$A_{sx} = A_{sy} = \frac{1000}{150} \times 28 = 187(\text{mm}^2)$$

$$\xi = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b \cdot h_0} = \frac{240 \cdot 187}{11,5 \cdot 1000 \cdot 85} = 0,046$$

$$\alpha_m = \xi(1 - \xi/2) = 0,046(1 - 0,046/2) = 0,045 < \alpha_{pl}$$

Mô men giới hạn là:

$$M_{gh} = M_x = M_y = M_0 = \alpha_m \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2 = 0,045 \cdot 11,5 \cdot 1000 \cdot 85^2 = 3,74 \left(\frac{\text{kNm}}{\text{m}} \right)$$

Chiều cao của góc được xác định:

$$h_{ab} = h_{cd} = \sqrt{y(2b-y)(1+\mu_{cd})} = \sqrt{1,5(3,0-1,5)(1+0,2)} = 1,64\text{m}$$

Từ đó ta có: trục ab cách cạnh AB: 0,13m, trục cd cách cạnh CD: 0,93m

Qua khảo sát và tính toán thì cơ cấu phá hoại của bản thuộc dạng (1), vậy tải trọng giới hạn tác dụng lên bản được tính như sau:

$$P_{gh} = 2 \cdot 3,74 \left(\frac{1,5}{2,0} + \frac{1,5}{2,0} + \frac{2,0}{1,5} + \frac{2,0}{1,5} \right) = 31,16(\text{kN})$$

Ở đây điều kiện ngàm hoàn toàn được tuân thủ theo hai điều kiện sau:

$$\mu \geq \frac{1}{2} \left(\frac{2,0}{1,5} + \frac{1,5}{2,0} \right) = 1,04;$$

$$V' \geq \left(\frac{2,0}{1,5} + \frac{1,5}{2,0} \right) \cdot 3,49 = 7,27\text{kN}$$

Kết luận:

- Tính toán khả năng chịu lực của bản bê tông cốt thép bằng phương pháp cân bằng giới hạn có thể áp dụng với tải trọng tập trung với các điểm đặt khác nhau.

- Tính toán bản bê tông cốt thép bằng phương pháp cân bằng giới hạn đã kể đến sự làm việc đàn hồi dẻo của bê tông và cốt thép (hình thành các khớp dẻo) với hình dạng, điều kiện biên khác nhau chịu tác dụng của các dạng tải trọng khác nhau. Tính theo phương pháp này đơn giản dễ hiểu và cho kết quả chính xác. □

Tài liệu tham khảo

- 1.A.M. Дубинский. Расчет несущей способности железобетонных плит и оболочек. Киев, 1976.
- 2.Gerard Kennedy, Charles Goodchild. Practical yield line
- 3.Nguyễn Đình Cống, GS.TS Ngô Thế Phong, PGS. Phan Quang Minh - Giáo trình kết cấu bê tông cốt thép - phần cấu kiện cơ bản. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật xuất bản năm 2011.
- 4.Nguyễn Hiệp Đồng. Tính toán bản bê tông cốt thép đẳng hướng bằng phương pháp cân bằng giới hạn. Tạp Chí Xây Dựng Việt Nam, 5 -2018, từ trang 40-44.