

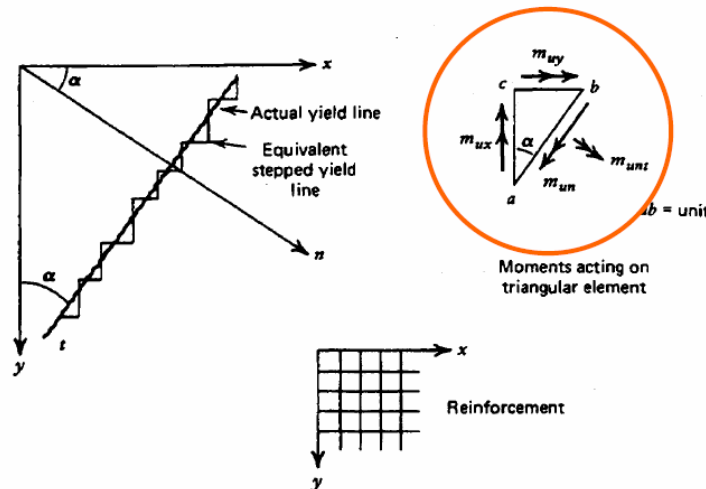
Chương 6: PHÂN TÍCH & THIẾT KẾ HỆ SÀN: PHÂN TÍCH ĐƯỜNG CHẢY DÈO

6.1 PHÂN TÍCH ĐƯỜNG CHẢY DÈO

6.1.1 Cường độ chống uốn của sàn tại các đường chảy dẻo nghiêng góc so với trục cốt thép

Tại phần cuối chương vừa học (chương 5), một phương trình đã được thiết lập để tính cường độ chống uốn của sàn với đường chảy dẻo vuông góc. Sự phát triển được mở rộng sau đây là cho trường hợp mà đường chảy dẻo nghiêng góc so với trục cốt thép, cụ thể là tính mômen tới hạn trên đơn vị chiều rộng dọc theo một đường chảy dẻo nghiêng góc khác 90° so với trục x và y .

Theo Park và Gamble, hình vẽ dưới đây thể hiện một đường chảy dẻo nghiêng góc α so với lưới thép trục giao nhau. Trong trường hợp này, mômen xoắn và uốn cùng sẽ tồn tại trên đường chảy dẻo như được thể hiện trong vòng tròn bên dưới. Trong vòng tròn đó, chiều dài ab bằng đơn vị.



Tiêu chuẩn chảy dẻo Yohansen cung cấp một phương pháp để tính:

- Mômen uốn tới hạn trên một đơn vị chiều rộng, m_{un}
- Mômen xoắn trên một đơn vị chiều rộng, m_{unt}

Tiêu chuẩn trên căn cứ vào một loạt giả thiết sau:

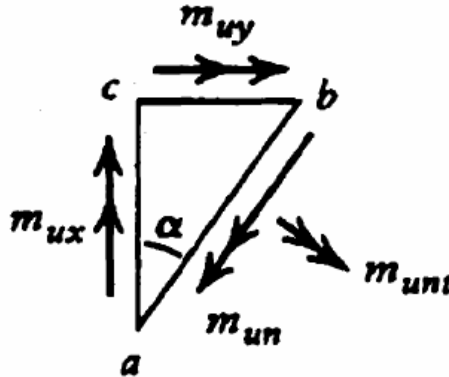
- Đường chảy dẻo thực có thể được thay thế bằng một đường bậc thang gồm nhiều bậc nhỏ theo các phương x và y như được biểu diễn ở hình trên.
- Các mômen xoắn theo các phương x và y bằng 0 (các mômen trên các mặt này là các mômen chính).
- Cường độ chống uốn của tiết diện không bị tác động bởi sự xoắn vặn thép băng qua đường chảy dẻo (nứt) hay bởi các điều kiện ứng suất 2-phương trong vùng bê tông chịu nén.
- Ứng suất trong thanh chịu kéo trong cả hai hướng cắt ngang đường chảy dẻo (nứt) là ứng suất chảy dẻo f_y

- Các cánh tay đòn nội lực của cường độ chống uốn tới hạn theo các phương x và y không bị tác động khi uốn xảy ra theo một phương tổng quát.

Thí nghiệm trên bản đã cho thấy rằng tiêu chuẩn dẻo Johansen mặc dầu đơn giản nhưng chính xác.

Một lần nữa xét bản dạng bậc thang trong hình trên. Thép đặt vuông góc theo các phương x , y và đường chảy dẻo nghiêng một góc α so với trục y . Cường độ chống uốn trên mỗi đơn vị chiều rộng theo phương x là m_{ux} , theo phương y là m_{uy}

Bây giờ xét phần vòng tròn ở hình trên, mà được minh hoạ lại như sau:



Lấy mômen quanh cạnh ab của phần tử trên, ta có:

$$m_{un}(ab) = m_{ux}(ac) \cos \alpha + m_{uy}(ab) \sin \alpha$$

$$\text{và: } m_{un} = m_{ux} \cos^2 \alpha + m_{uy} \sin^2 \alpha \quad (6-1)$$

Tương tự, lấy mômen quanh trục vuông góc ab mà chính là mômen xoắn trên một đơn vị chiều rộng, ta có:

$$m_{unt}(ab) = m_{ux}(ac) \sin \alpha - m_{uy}(ab) \cos \alpha$$

$$\text{và: } m_{unt} = (m_{ux} - m_{uy}) \sin \alpha \cos \alpha \quad (6-2)$$

Bây giờ xét hai trường hợp:

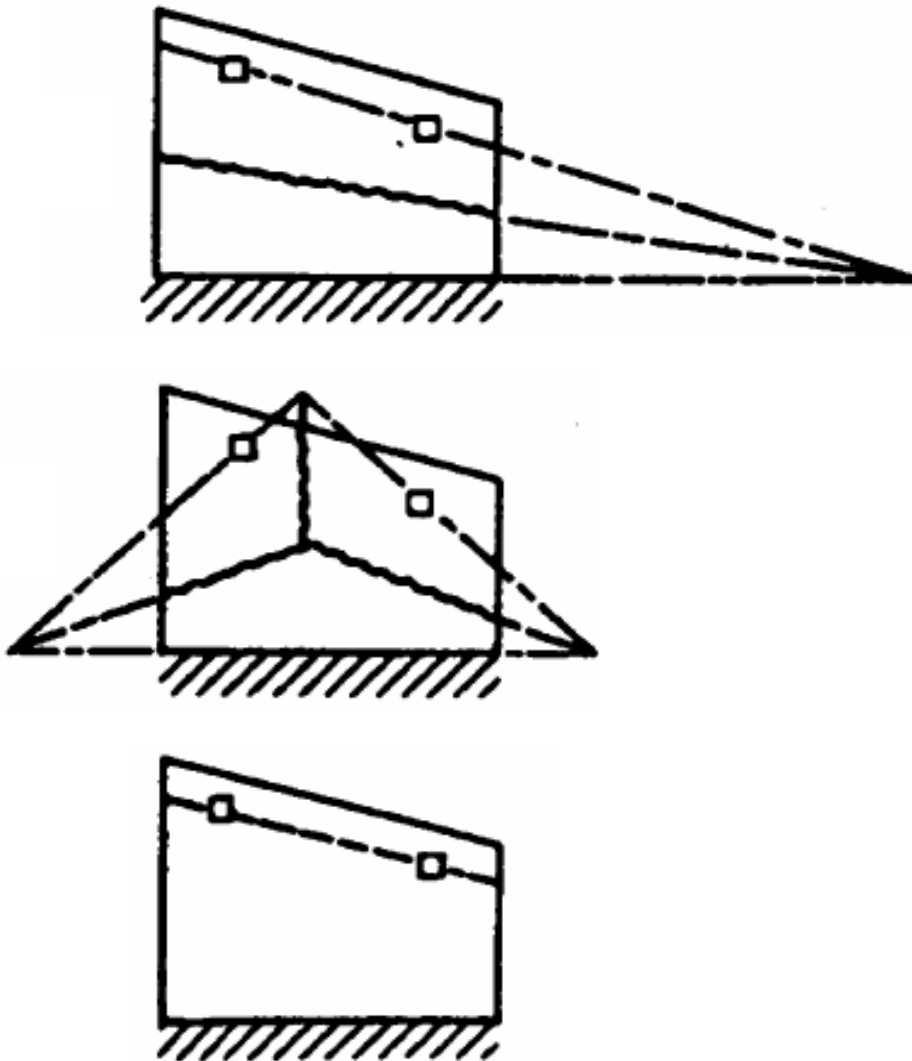
- ả ếu $m_{ux} = m_{uy} \Rightarrow m_{un} = m_{ux}$ và $m_{unt} = 0$
- Mômen chống uốn tới hạn trên đơn vị chiều rộng giống nhau trong tất cả các hướng
 - Mômen xoắn tại đường chảy dẻo bằng 0
 - Một bản như vậy được gọi là gia cường đẳng hướng (isotropically reinforced).
- ả ếu $m_{ux} \neq m_{uy}$
- Mômen chống uốn tới hạn trên đơn vị chiều rộng phụ thuộc vào hướng chảy dẻo
 - Mômen xoắn tại đường chảy dẻo khác 0
 - Một bản như vậy được gọi là gia cường trục hướng (orthotropically reinforced).

6.1.2 Phân tích đường chảy dẻo dùng nguyên lý công ảo

Bước đầu tiên trong phân tích đường chảy dẻo là đề xuất kiểu đường chảy dẻo tuân theo các qui luật đã nêu ở chương 5, cụ thể là :

1. Đường chảy dẻo phải là các đường thẳng tạo thành các trục chuyển động xoay của các phân mảnh cứng (phẳng).
2. Các cạnh gối đỡ sàn phải làm việc như các trục xoay. Nếu một cạnh gối đỡ sàn bị ngàm, một đường chảy dẻo được hình thành dọc theo cạnh gối đỡ. Trục xoay sẽ đi qua đầu cột đỡ sàn.
3. Để các biến dạng được tương thích, một đường chảy dẻo phải đi ngang giao điểm của hai trục xoay của các phân mảnh kề nhau.

Kiểu đường chảy dẻo đề nghị sẽ thường có một số kích thước chưa biết mà dùng để định vị trí các đường chảy dẻo, và nói chung có một tập hợp các kiểu đường chảy dẻo cho một bản sàn, như ví dụ minh họa bên dưới.



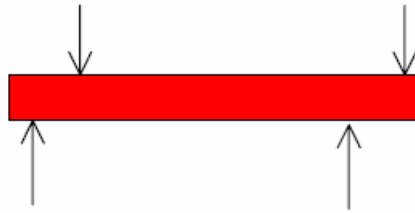
Tất cả các **kiểu đường chảy dẻo khả dĩ** cần nên được nhận diện. **Tại sao ?**

- **Kiểu chính xác** là một trong số đó mà cho giá trị **tải trọng tới hạn** **nhỏ nhất**
- ả ếu **kiểu chính xác không tìm thấy**, **tải trọng tới hạn** tính toán được sẽ **không an toàn**

Tải trọng tới hạn có thể được xác định từ các **kiểu đường chảy dẻo** bằng cách sử dụng:

- Các phương trình cân bằng
- ả nguyên lý công ảo (*virtual work*)
 - ả ời chung để sử dụng hơn và được chấp nhận trong giáo trình này

ả nguyên lý công ảo là gì ? Xét một vật thể rắn ở trạng thái cân bằng dưới tác động của hệ lực như hình vẽ dưới đây :



ả ếu vật thể rắn này có một chuyển vị nhỏ bất kỳ, **tổng công (năng lượng)** gây ra bởi các lực sẽ bằng 0. **Vì rằng tổng các lực bằng 0.**

ả nguyên lý công ảo do đó có thể phát biểu như sau:

Nếu cho một vật rắn, đang ở trạng thái cân bằng dưới tác dụng của một hệ lực, một chuyển vị ảo, thì tổng công ảo gây ra bởi hệ lực sẽ bằng 0.

ả nguyên lý này là cơ sở cho các bàn luận sau.

Để phân tích một hệ sản bằng phương pháp công ảo, một **kiểu đường chảy dẻo** được đề xuất cho sản ứng với tải trọng tới hạn.

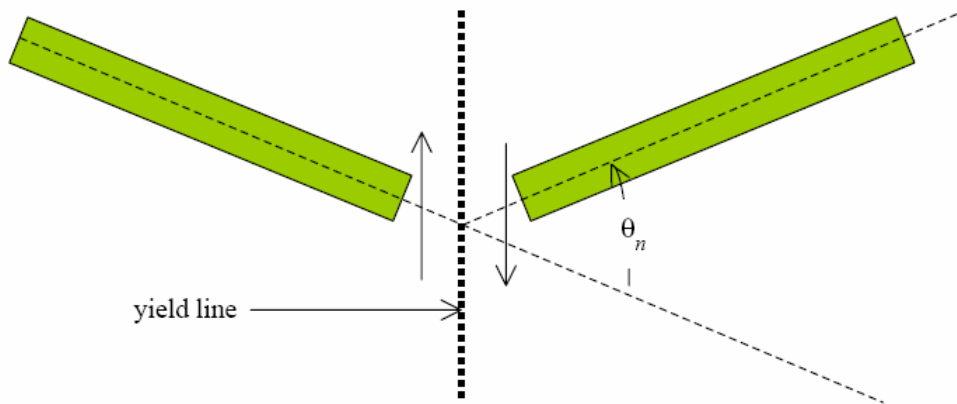
- Các **phân mảnh** của **kiểu đường chảy dẻo** có thể xem như là các **vật rắn** do biến dạng sản và độ võng thay đổi chỉ xảy ra tại các **đường chảy dẻo**.
- Các **phân mảnh** của sản ở trạng thái cân bằng dưới tác dụng của **ngoại lực** và các **mômen uốn, xoắn**, và **lực cắt** dọc theo các **đường chảy dẻo**.
- Một điểm trong sản được gán cho một **chuyển vị nhỏ δ** theo hướng của lực tác dụng.
 - **chuyển vị** tại tất cả các điểm trong sản **$\delta(x,y)$** và **chuyển động xoay** của các mảnh sản quanh các **đường chảy dẻo** có thể xác định được theo **δ** và theo các kích thước của các phân mảnh sản.
- **Công** sinh ra do **(a) ngoại lực**, và do **(b) nội lực** tác dụng dọc theo các **đường chảy dẻo**.

Trước hết xét một sản chịu tải phân bố đều **w_u** . **Công do ngoại lực** bằng:

$$\iint w_u \delta(x,y) dx dy = \sum W_{ui} \Delta_i \quad (6-3)$$

với W_{ui} là lực tổng cộng trên một mảnh của kiểu đường chảy dẻo, Δ_i là chuyển vị hướng xuống của trọng tâm phân mảnh, và Σ là tổng cộng cho tất cả các phân mảnh.

- Phản lực tại các gối đỡ không tham gia sinh công. Tại sao?
- Công do các nội lực tác động tại các đường chảy dẻo chỉ gây ra bởi các mômen uốn. Tại sao?
 - Công do lực cắt và mômen xoắn bằng 0 khi tính tổng cộng trên toàn bộ tấm sàn.
 - Các tác động trên mỗi mặt của đường chảy dẻo là bằng nhau nhưng đối dấu như mô tả ở hình dưới, mà không có sự chuyển động tương đối giữa hai mặt của đường chảy dẻo tương ứng với các lực cắt và các mômen xoắn.



Công do mômen kháng uốn tới hạn trên một đơn vị chiều dài m_{un} tại một đường chảy dẻo có chiều dài l_0 nơi mà góc xoay tương đối giữa các mảnh là θ_n (xem hình vẽ trên) bằng $-m_{un}\theta_n l_0$. Tại sao công có dấu âm?

- Các mômen uốn sẽ tác dụng theo chiều ngược với hướng xoay trong bản nếu chuyển vị ảo là theo hướng của tải trọng tác dụng.

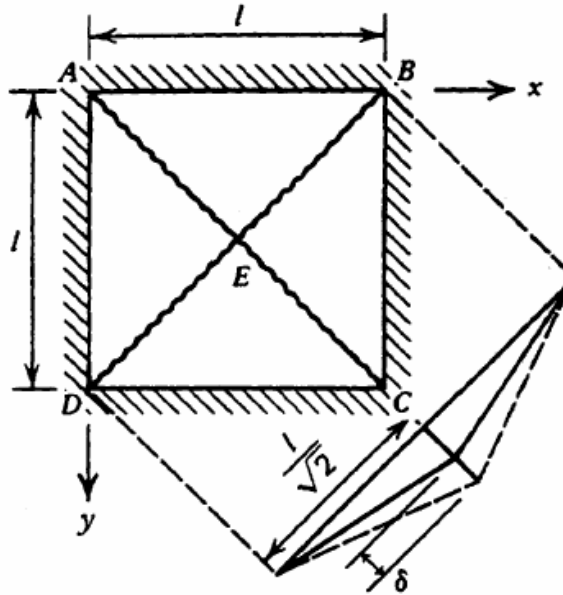
Công tổng cộng do các mômen kháng uốn tới hạn do đó bằng $-\Sigma m_{un} l_0 \theta_n$, khi tính tổng cộng trên tất cả các đường chảy dẻo. Phương trình công ảo có thể được viết như sau:

$$\sum W_{ui} \Delta_i - \sum m_{un} \theta_n l_0 = 0 \text{ hay } \sum W_{ui} \Delta_i = \sum m_{un} \theta_n l_0 \quad (6-4)$$

\nearrow
 \nearrow

công ngoại
công nội

Các thông tin trên có thể được dùng để tìm **tải trọng phân bố đều tới hạn** (w_u) của **bản vuông tựa đơn giản trên 4 cạnh** có chiều dài cạnh là L . Giả thiết cốt thép bản là **đẳng hướng** với m_u là **mômen dương kháng uốn tới hạn** tính trên đơn vị chiều rộng trong cả 2 hướng (x và y). Sơ đồ bản, theo Park và Gamble, được mô tả như sau:



Một **kiểu dạng chảy dẻo mặc nhiên** được mô tả ở hình trên. Các chuyển vị của 4 phân mảnh có thể dễ dàng được tính theo chuyển vị δ của điểm E. **Công** (*work*) thực hiện bởi **ngoại lực** w_u bằng :

$$\sum W_{ui} \Delta_i = 4 \left(\frac{w_u L^2}{4} \times \frac{\delta}{3} \right) = w_u L^2 \frac{\delta}{3}$$

Ả hư được vẽ trong hình trên là một mặt cắt dọc theo đường **DB**. Từ mặt cắt này, có thể thấy rằng **chuyển động xoay** của mỗi phân mảnh là **như nhau** cho tất cả 4 phân mảnh, cụ thể là :

$$\theta_n = 2 \left(\frac{\delta}{L/\sqrt{2}} \right) = 2\sqrt{2} \frac{\delta}{L}$$

Tổng công do nội lực bằng $\sum m_{un} l_0 \theta_n$ và vì $m_{un} = m_u$, **tổng công do nội lực** của bài toán là :

$$\sum m_{un} l_0 \theta_n = m_u (2\sqrt{2} \frac{\delta}{L}) (4 \frac{L}{\sqrt{2}}) = 8m_u \delta$$

Tải trọng tới hạn w_u được tính bằng cách đặt **công nội** (*internal work*) bằng **công ngoại** (*external work*), cụ thể như sau :

$$w_u = \frac{24m_u}{L^2}$$

Ảnh hưởng của góc bản sàn có thể làm kiểu chảy dẻo phức tạp hơn tại các **vùng góc** (*corner region*) của sàn, và có thể làm cho **tải trọng tới hạn** giảm một ít so với giá trị trên.

6.1.3 Các thành phần của công do nội lực

Cốt thép trong ví dụ trên là đẳng hướng (giống nhau theo cả 2-hướng sàn). ả ối chung, trường hợp này không tổng quát và thường là khác nhau: $m_{ux} \neq m_{uy}$

Vì hầu hết các sàn dạng chữ nhật có thép đặt song song với các hướng x và y , và do các mômen kháng uốn tới hạn tính trên đơn vị chiều rộng trong các phương này thường đã biết, nên dễ tính toán các thành phần theo các hướng x và y của công nội gây ra bởi các mômen tới hạn $\Sigma m_{un} l_0 \theta_n$. Cho một đường chảy dẻo nghiêng góc α so với trục y , các phân mảnh sàn có góc xoay tương đối θ_n quanh đường chảy dẻo, công nội có thể tính bằng:

$$\begin{aligned} \Sigma m_{un} \theta_n l_0 &= \Sigma (m_{ux} \cos^2 \alpha + m_{uy} \sin^2 \alpha) \theta_n l_0 \\ &= \Sigma m_{ux} \theta_n \cos \alpha y_0 + \Sigma m_{uy} \theta_n \sin \alpha x_0 \\ &= \Sigma m_{ux} \theta_y y_0 + \Sigma m_{uy} \theta_x x_0 \end{aligned}$$

(6-5)

với θ_x, θ_y là các thành phần của θ_n quanh trục x, y .

và x_0, y_0 là các thành phần hình chiếu của các đường chảy dẻo theo phương x, y .

Để minh họa, một lần nữa xét ví dụ mẫu sàn vuông cạnh dài l , cốt thép đẳng hướng, đã nêu ở trên. Một góc của ví dụ này được mô tả ở bên dưới (theo MacGregor).

Biên AF là phân nửa cạnh AD và biên AG là phân nửa cạnh AB , như vậy 1/4 bản được mô tả ở hình bên. Một xấp xỉ bậc thang cho một trong 4 đường chảy dẻo cũng được vẽ. Chuyển vị điểm E tại tâm bản là δ . Tấm ADE chỉ xoay quanh trục y ($\theta_x = 0$) và công nội cho tấm này là:

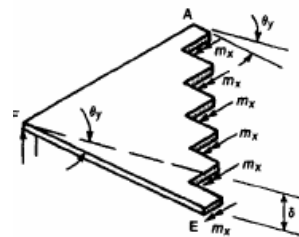
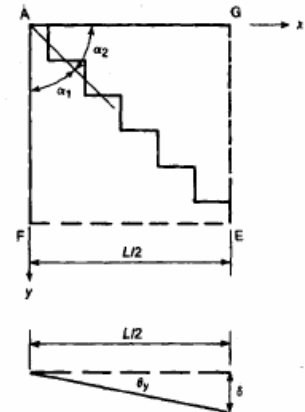
$$\begin{aligned} &= m_x L_y \theta_y + m_y L_x \theta_x \\ &= m_x (L)(2\theta/L) + 0 = 2m_x \delta \end{aligned}$$

Tương tự, tấm ABE chỉ xoay quanh trục x ($\theta_y = 0$) và do vậy công nội cho tấm này là :

$$\begin{aligned} &= m_x L_y \theta_y + m_y L_x \theta_x \\ &= 0 + m_y (L)(2\theta/L) = 2m_y \delta \end{aligned}$$

Do đó, công nội tổng công bằng tổng các công gây bởi 4 phân mảnh bản, cụ thể là:

$$\Sigma m_{un} \theta_n l_0 = 2(2m_x \delta + 2m_y \delta) = 8m_u \delta$$

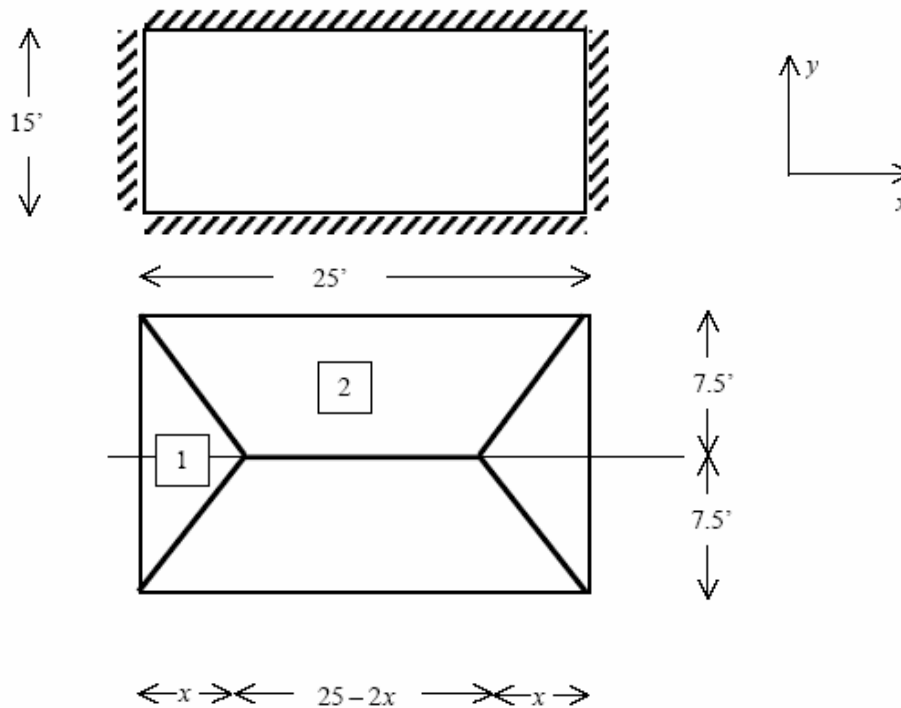


6.1.4 Các ví dụ phân tích đường chảy dẻo

Ví dụ 1

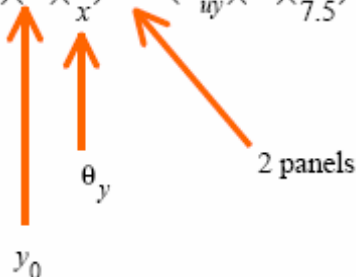
Để minh họa ứng dụng của phân tích đường chảy dẻo, xét **bản chữ nhật tựa đơn giản trên 4 cạnh** có kích thước như mô tả dưới đây. Cốt thép bản là **trục hướng**. Yêu cầu tính **tải trọng phân bố đều lớn nhất** (w_u). Biết các **mômen kháng uốn đơn vị** theo phương x là $m_{ux} = 10 \text{ kip-ft/ft}$; theo phương y là $m_{uy} = 15 \text{ kip-ft/ft}$.

Kiểu **đường chảy dẻo** (tạo **mômen dương**) được đề xuất cho độ võng giữa nhịp bằng đơn vị ($\delta = 1$). Hai loại phân mảnh ①, ② cũng được nhận dạng trong hình dưới.



Công nội tính bằng: (với $\delta = 1$)

$$= (m_{ux})(15)\left(\frac{1}{x}\right) \times 2 + (m_{uy})(25)\left(\frac{1}{7.5}\right) \times 2 = \frac{300}{x} + 100$$



Công ngoại tính bằng: (với $\delta = 1$)

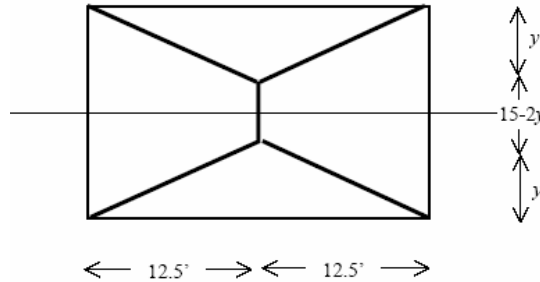
$$\begin{aligned} &= w_u \left([15']\left(\frac{1}{2}\right)x\left(\frac{1}{3}\right) \times 2 + [7.5']\left(\frac{1}{2}\right)x\left(\frac{1}{3}\right) \times 4 + [25 - 2x](15')\left(\frac{1}{2}\right) \right) \\ &= w_u (5x + 5x + 187.5 - 15x) \\ &= w_u (187.5 - 5x) \end{aligned}$$

Do đó: $w_u = \frac{(\frac{300}{x} + 100)}{187,5 - 5x}$

Làm sao tính được w_u ? Bằng cách gán $dw_u/dx = 0$ và giải tìm nghiệm, hay bằng cách thử lặp và kiểm tra sai số. Phương pháp thứ hai được áp dụng ở đây với kết quả tính như sau:

x (feet)	w_u (ksf)
6'	0,952
7'	0,937
8'	0,932
9'	0,936

Lúc này bài toán đã giải quyết xong với $w_u = 0.932$ ksf ? Không hẳn là vậy do các cơ cấu khác có thể chi phối sự phá hoại . Xét cơ cấu đối chứng khác như sau :



Công nội tính bằng:

$$= 2(m_{ux})(15)(\frac{\delta}{12,5}) + 2(m_{uy})(25)(\frac{\delta}{y}) = (24 + \frac{750}{y})\delta$$

Công ngoại tính bằng:

$$= w_u [4y(\frac{12,5}{2})(\frac{\delta}{3}) + 2(15-2y)(12,5)(\frac{\delta}{2}) + 2y(\frac{25}{2})(\frac{\delta}{3})]$$

$$= w_u (187,5 - 8,33y)\delta$$

Do đó: $w_u = \frac{(24 + \frac{750}{y})}{187,5 - 8,33y}$

Giải bằng thử lặp và kiểm tra sai số,

y (feet)	w_u (ksf)
5'	1,193
6'	1,082
7'	1,016
7,5'	0,992

Vậy tải trọng phá hoại là bao nhiêu ? $\Rightarrow w_u = 0,932$ ksi !!!

ả goài ra, **hoạt tải dịch vụ** (*service live load*) tác dụng trên bản **tối đa** bằng bao nhiêu ? giả sử bản dày 10” và không có tĩnh tải.

$$w_{LL} = \frac{932 - 1,4 \times (150 \times \frac{10}{12})}{1,7} = \underline{445 \text{ psf}}$$

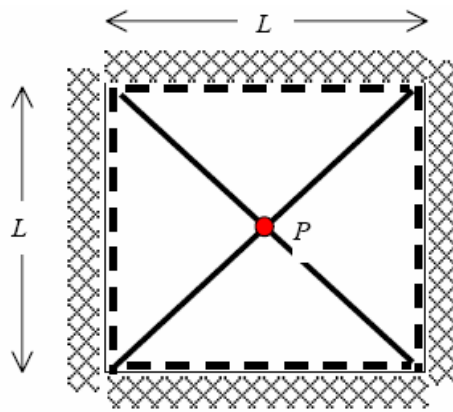
Ví dụ 2

Xét **bản vuông ngàm 4 cạnh** bên dưới, có **chiều dài cạnh L**, và **mômen kháng uốn tới hạn**:

$m_{ux} = m_{uy} = m_u$ cho uốn dương (mặt dưới bản)

$m'_{ux} = m'_{uy} = m'_u$ cho uốn âm (mặt trên bản)

Tính **tải trọng tập trung lớn nhất P** tác dụng tại tâm bản. Biết chuyển vị tại tâm bản là δ .



Công nội tính bằng :

$$= 4 \left(\frac{\delta}{L/2} \right) (L)(m_u + m'_u) = 8(m_u + m'_u)\delta$$

of panels

x_0, y_0

θ

Công ngoại là $P\delta$ và do đó **tải trọng tập trung lớn nhất P** cho bởi công thức sau:

$$P = 8(m_u + m'_u)\delta$$

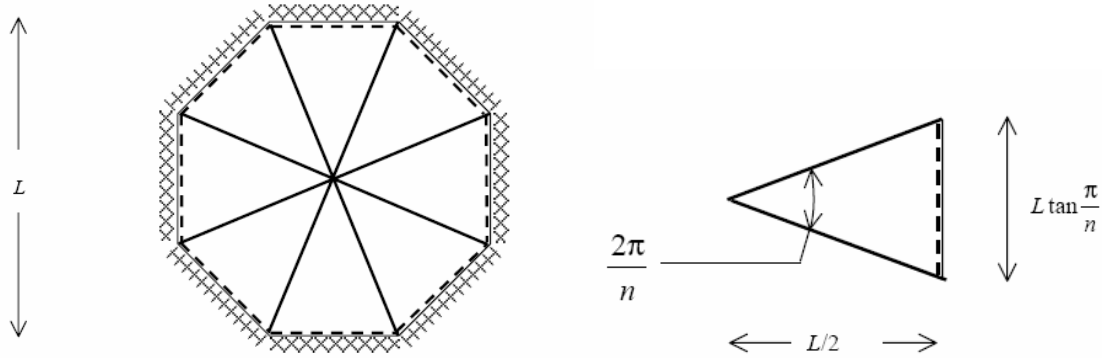
Ví dụ 3

Xét **bản dạng đa giác n-cạnh** ở hình dưới, ngàm theo chu vi, có chiều dài phủ bì **L**, các mômen kháng uốn đơn vị bằng :

$m_{ux} = m_{uy} = m_u$ cho uốn dương (mặt dưới bản)

$m'_{ux} = m'_{uy} = m'_u$ cho uốn âm (mặt trên bản)

Tính **tải trọng tập trung lớn nhất P** tác dụng tại tâm bản. Biết chuyển vị tại tâm bản là δ .



Bây giờ xét **một phân mảnh** của đa giác n-cạnh:

Cho phân mảnh đơn ở hình trên, **công nội** bằng :

$$= \left(\frac{\delta}{L/2}\right)(m_u + m'_u) \left(L \tan \frac{\pi}{n}\right)$$

và **công ngoại** bằng :

$$= \frac{P}{n} \delta$$

Do đó **tải trọng tới hạn P** là:

$$P = 2n(m_u + m'_u) \tan \frac{\pi}{n}$$

+ Với $n = 4$:

$$P = (2 \times 4)(m_u + m'_u) \tan \frac{\pi}{4}$$

$$P = 8(m_u + m'_u) : (\text{tương tự kết quả ở ví dụ 2})$$

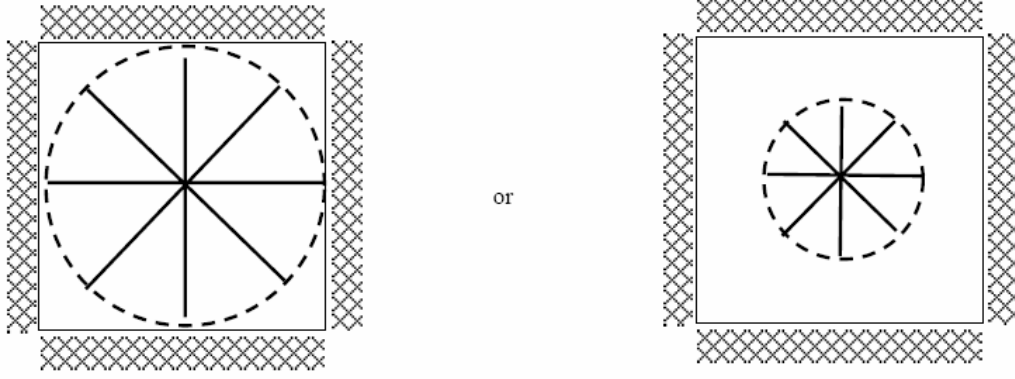
+ Với $n = \infty$ (bản hình tròn) :

$$P = 2n(m_u + m'_u) \left(\frac{\pi}{n} + \frac{\left[\frac{\pi}{n}\right]^3}{3} + \frac{2\left[\frac{\pi}{n}\right]^5}{15} + \dots\right)$$

$$P \approx 2\pi(m_u + m'_u)$$

ảnh hưởng kết quả của **ví dụ 3** có ý nghĩa liên quan gì đến kết quả của **ví dụ 2** ? $n \uparrow \Rightarrow P_u \downarrow$

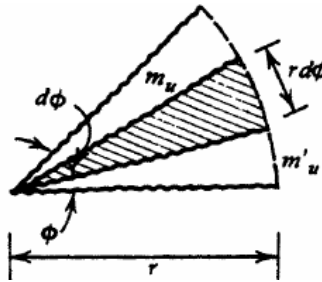
- ảnh hưởng ứng xử của bản bị **tải tập trung chiếm ưu thế**, bản sẽ luôn bị phá hủy **kiểu tròn** (*circular pattern*) như các hình bên dưới.
- Cả hai nghiệm của **VD2** và **VD3** bằng nhau do nghiệm là độc lập với chiều dài **L**.
- Trường hợp các tải trọng **lệch tâm** (*off-center*) như thế nào ? **ảnh hưởng tương tự** như hình dưới **bên phải**:



6.1.5 Kiểu hình quạt tròn

Kiểu hình quạt tròn bao gồm toàn bộ hay một phần **nón phá hoại** (*failure cone*) và có khả năng xảy ra ở bất kỳ nơi đâu có **tải trọng tập trung** hay **phản lực gối**.

Xét bản đẳng hướng với **mômen kháng uốn âm và dương tới hạn** lần lượt là m_u và m'_u . Xem **quạt tròn** trình bày dưới đây (theo Park và Gamble) như là một phần của **kiểu đường chảy dẻo**.



Xét **công nội** gây ra bởi các mômen tới hạn của **phân mảnh gạch chéo**, nếu tâm quạt được gán một **chuyển vị hướng xuống** là δ và phân mảnh có trục xoay là **đường chảy dẻo mômen âm** (*đường gạch ngang*).

Góc xoay của phân mảnh là $\theta_n = \frac{\delta}{r}$

và **công nội** gây ra bởi mômen tới hạn là:

$$m_{un}\theta_n l_0 = (m_u + m'_u) \left(\frac{\delta}{r}\right) (rd\phi)$$

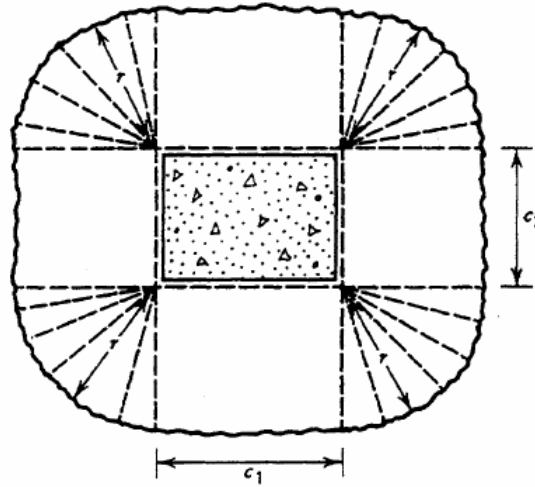
đối với **toàn bộ nón**, nếu ϕ là góc ở tâm nón, ta có:

$$m_{un}\theta_n l_0 = \int_0^\phi (m_u + m'_u) \left(\frac{\delta}{r}\right) (rd\phi) = (m_u + m'_u) \delta \phi$$

So sánh kết quả này với kết quả **ví dụ 3** trước đây cho **bản đa giác** với số cạnh $n = \infty$ (bản hình tròn). **Công nội** từ phương trình trên viết lại là:

$$(m_u + m'_u) \delta (2\pi) : \text{tương tự như công thức ở ví dụ 3.}$$

Một trường hợp mà các **hình quạt** cần được xem xét đến trong **phân tích đường chảy dẻo** được mô tả ở hình dưới: **sàn phẳng chịu tải phân bố đều với kiểu phá hoại bao quanh một cột chữ nhật**. Ví dụ này do Park và Gamble nghiên cứu.



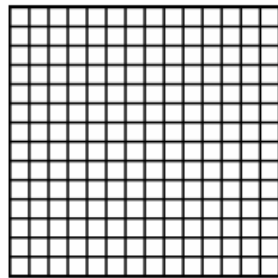
6.2 THIẾT KẾ SÀN THEO PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG CHẢY DỀ

Các bước chính trong thiết kế thép sàn ứng dụng phương pháp **đường chảy dẻo** gồm :

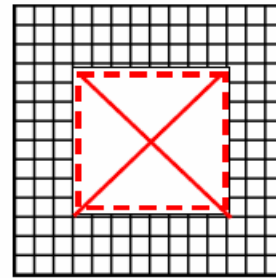
1. Giới hạn **tỷ lệ thép dọc** trong khoảng $\rho = 0,4 \rightarrow 0,5\rho_{bal}$ để sàn có độ dẻo (*ductility*) cao.
2. Dùng **sơ đồ bố trí thép** tương tự như phân bố mômen đàn hồi, nghĩa là:

○ $M^- = 1,5 \rightarrow 2,0M^+$ ($[f_y], [f'_c] = \text{MPa}$) \rightarrow
$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{87,000}{87,000 + f_y} \right) \quad (\text{B-1})$$

- Bố trí thép tại các **góc cạnh** (*corner*)
- **Cắt cốt thép** là được phép nhưng phải chắc rằng không tạo thành một **cơ cấu đường chảy dẻo mới**, ví dụ:



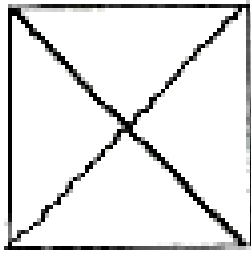
Lưới thép mặt dưới



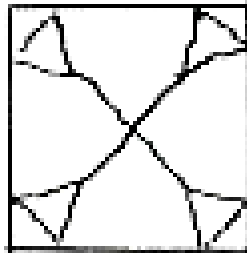
Lưới thép mặt dưới

3. **Kiểm tra điều kiện dịch vụ** (*check serviceability*) : kiểm tra nứt và độ võng
 - Dùng tiêu chuẩn về **chiều dày tối thiểu**
 - Kiểm tra nếu có sẵn các **lời giải đàn hồi**.
4. Dùng **nguyên lý cộng tác dụng** (*superposition*) đối với **tổ hợp tải trong** (lực phân bố w_u và các lực P), nghĩa là, thiết kế độc lập cho mỗi trường hợp tải trọng, sau đó phối hợp lại.

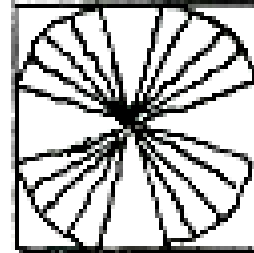
TẠI SAO CẦN BỐ TRÍ THÉP TẠI CÁC GÓC (*CORNER*) ?



$$m = wL^2/24$$

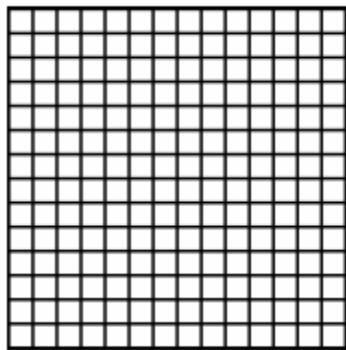


$$m = wL^2/22$$

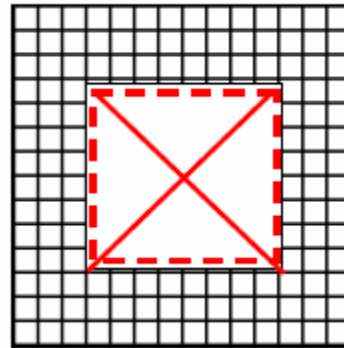


$$m = wL^2/21.7$$

- Corner effects in yield line theory.



Bottom rebar

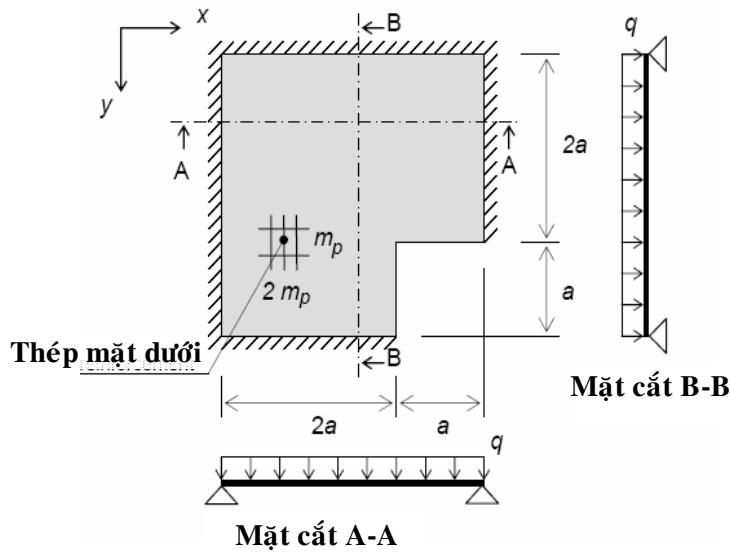


Top rebar

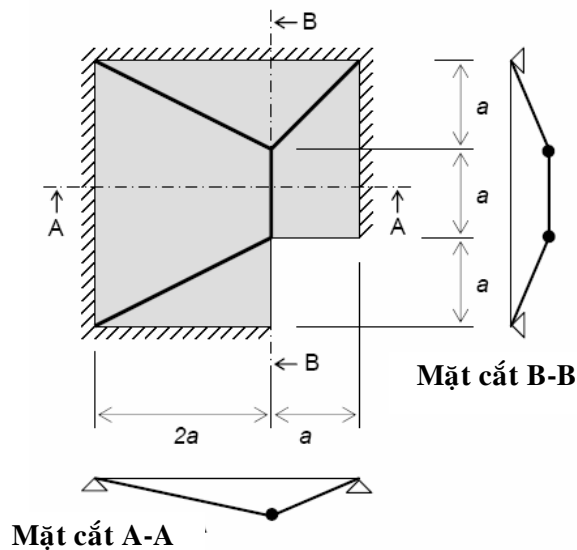
Bài tập 1: (SV nộp)

Một bản BTCT tựa đơn trên 4 cạnh ngoại trừ khu vực có lỗ vuông tại góc, kích thước bản như [hình 1](#) dưới đây. Tải trọng q [kN/m²] phân bố đều trên bản. Thép dọc mặt đáy theo phương y có mômen chảy dẻo là $2m_p$ [kN m/m]; thép dọc mặt đáy theo phương x có mômen chảy dẻo là m_p [kN m/m]; giả sử mặt trên không có cốt thép.

- a)- Hãy thiết lập 2 kiểu đường chảy dẻo hợp lý cho bản chịu tải trọng q
- b)- Giả sử có kiểu đường chảy dẻo của bản như [hình 2](#). Cho biết $a = 2$ m ; $m_p = 6$ kN m/m. Xác định tải trọng chảy dẻo phân bố đều q



[Hình 1:](#) Kích thước bản BTCT



[Hình 2:](#) Kiểu đường chảy dẻo cho câu hỏi b