Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Chương 7: PHÂN TÍCH & THIẾT KẾ HỆ SÀN: *PHƯƠNG PHÁP DẢI*

7.1 PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH CẬN DƯỚI

Trong phương pháp phân tích cận dưới (*lower bound method of analysis*), một kiểu phân phối mômen trên toàn bản hay sàn được đề xuất sao cho:

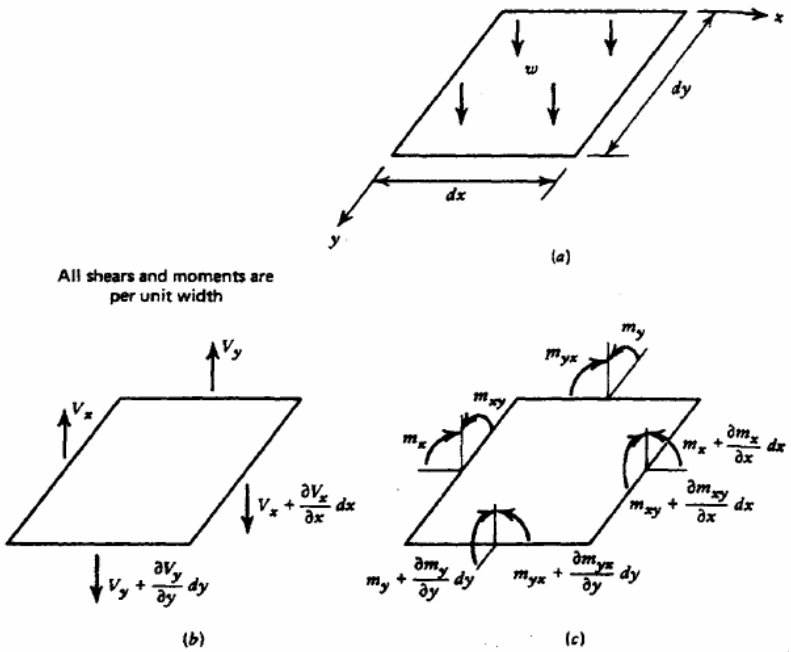
- Các điều kiện cân bằng được thoả mản tại mọi điểm của sàn.
- Tiêu chuẩn chảy dẻo để xác định cường độ các phần tử sàn không được vượt quá mức tại bất kỳ nơi nào của sàn, nghĩa là: $m_{yêucầu} - m_u \leq 0$
- Tuân theo các điều kiện biên.

Sức chịu tải tới hạn (*ultimate load capacity*) của sàn được tính toán từ các điều kiện cân bằng và kiểu phân phối mômen. Với một sàn cho trước, tải trọng tới hạn được tính như vậy hoặc thấp hơn hay bằng nghiệm chính xác (*nghiệm duy nhất*).

- Điều này ngược với phương pháp đường chảy dẻo mà tải trọng được tính toán hoặc cao hơn (không thận trọng) hay bằng nghiệm chính xác.
- Phương pháp cận dưới thường được xem là phương pháp cân bằng.
- Hillerborg đề xuất các phương pháp cân bằng để thiết kế sàn vào thập niên 1950.
- Cung cấp thông tin kiểu an toàn hợp lý về sự phân phối mômen và lực cắt trong bản.

7.2 CÁC PHƯƠNG TRÌNH CHỦ YẾU CỦA PHƯƠNG PHÁP CẬN DƯỚI

Xét các lực cắt và mômen uốn tác động trên phân tố sàn chịu tải phân bố đều w dưới đây (theo Park và Gamble):



- V_x và V_y là các lực cắt trên đơn vị chiều rộng
- m_x và m_y là các mômen uốn trên đơn vị chiều rộng
- $m_{xy} = m_{yx}$ là các mômen xoắn trên đơn vị chiều rộng

http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Cân bằng lực cắt từ phần (a) và (b) của hình trên dẫn đến:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = -w \qquad (7\text{-}1)$$

Cân bằng mômen quanh trục y đi qua giữa tâm phân tố,

$$\frac{\partial m_x}{\partial x} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial y} = V_x \qquad (7\text{-}2)$$

Cân bằng mômen quanh trục x đi qua giữa tâm phân tố,

$$\frac{\partial m_y}{\partial y} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial x} = V_y \qquad (7\text{-}3)$$

Lấy đạo hàm hai phương trình (7-2) và (7-3), sau đó thế kết quả vào phương trình (7-1), ta sẽ có phương trình cân bằng nổi tiếng cho tấm, mà được áp dụng bất chấp (a) tấm ở giai đoạn đàn hồi hay chảy dẻo, (b) tấm là đẳng hướng hay trực hướng.

$$\boxed{\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} + \frac{2\partial^2 m_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = -w} \qquad (7\text{-}4)$$

Để có được các nghiệm cận dưới của các phương trình cân bằng tấm:

- Tải trọng w có thể được phân chia theo tỷ lệ bất kỳ giữa các đại lượng:

$$-\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} \;;\; -\frac{2\partial^2 m_{xy}}{\partial x \partial y} \;;\; -\frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2}$$

- Tải trọng có thể được chống đỡ bởi sự phối hợp bất kỳ của các mômen uốn và/hay mômen xoắn theo các hướng x và y.

7.3 PHƯƠNG PHÁP DẢI HILLERBORG

7.3.1 Giới thiệu

Phương pháp dải (*strip method*) là một phương pháp thiết kế giới hạn khác với phương pháp đường chảy dẻo. Mặc dầu sự phân phối mômen (uốn và xoắn) để mặc cho người thiết kế quyết định, nhưng phải sử dụng phương pháp dải cẩn trọng,

Vì sao vậy? Vì một phương án lựa chọn kém về sự phân phối tải trọng có thể gây ra độ nứt và độ võng đáng kể. ả hư một qui luật, phương án phân phối tải trọng hợp lý nhất là nên theo cách gần với sự phân phối đàn hồi.

Trở lại phương trình cân bằng (7-4), và chú ý rằng tải trọng có thể được chống đỡ bởi bất kỳ sự phối hợp nào của các mômen uốn hay/và xoắn trong hai phương, Hillerborg cho số hạng thứ hai (mômen xoắn) bằng zero, sao cho:

$$\boxed{\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = -w} \qquad (7\text{-}5)$$

để tải trọng chỉ được chống đỡ bởi mômen uốn trong hai phương x và y. Khi làm như vậy, tấm có thể được chia thành một hệ thống dải trong hai phương x và y.

http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

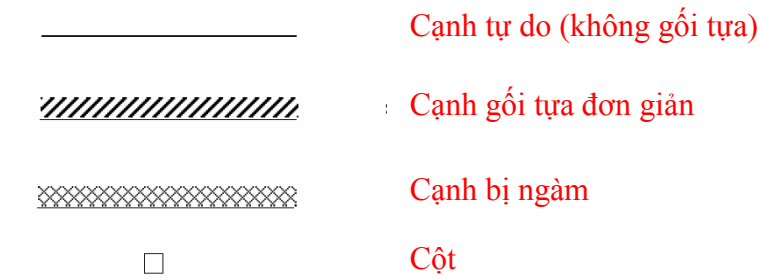
Phương trình (7-5) có thể được thay thế bằng hai phương trình sau (dùng qui ước trên hình vẽ ở trang 1):

$$\boxed{\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} = -\gamma w} \qquad \text{(7-6a)} \rightarrow \text{uốn theo phương x}$$

$$\boxed{\frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = -(1-\gamma) w} \qquad \text{(7-6b)} \rightarrow \text{uốn theo phương y}$$

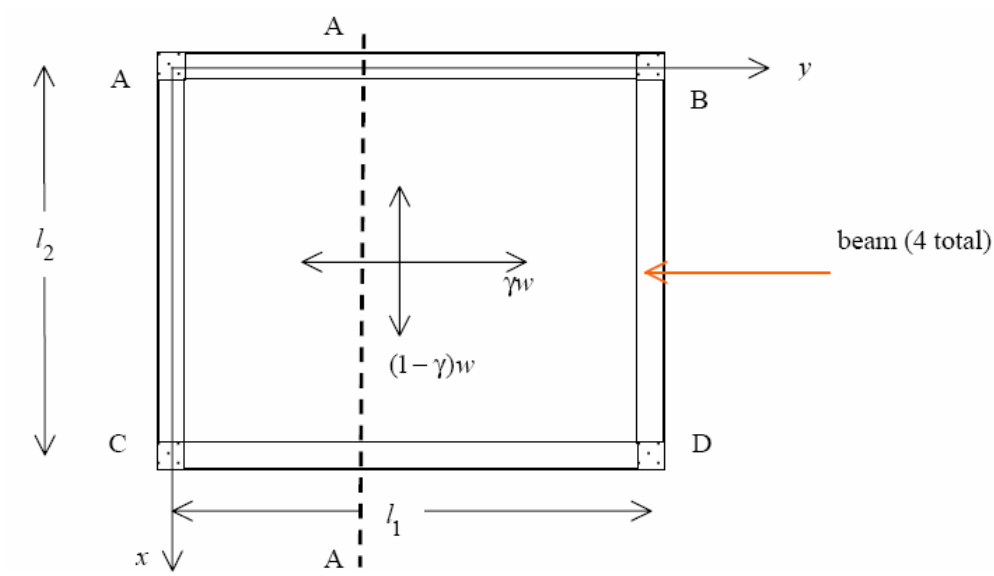
Trong phương trình (7-6), người thiết kế chọn lựa giá trị γ ($0 \le \gamma \le 1$). ả ếu $\gamma = 1$, toàn bộ tải được truyền theo hướng x . ả ếu $\gamma = 0$, toàn bộ tải được truyền theo hướng y. Bất chấp tất cả, người thiết kế phải cung cấp một phương cách phân tải *(load path)* hợp lý.

Các phần tiếp theo trong chương này trình bày thông tin về ứng dụng phương pháp dải cho các loại hệ sàn. Các hình dùng để mô tả phương pháp sử dụng ký hiệu qui ước dưới đây cho các điều kiện biên.



7.3.2 Các ví dụ của phương pháp dải

Xét một tấm sàn vuông tải trọng phân bố đều w, có chiều dài cạnh l_1 và l_2 . Mỗi cạnh sàn gối đơn giản lên một dầm, và dầm gối lên cột đặt ở các góc sàn.



http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

ả ếu $l_1 \approx l_2$ thì hợp lý gán $\gamma = 0{,}5$.

Với việc tính toán mômen tĩnh ở phương trình (5-1), chương 5, giá trị mômen quanh trục x-x đi qua tâm sàn bằng: $M_x = \dfrac{(wl_2)l_1^2}{8} = M_{A-A}$

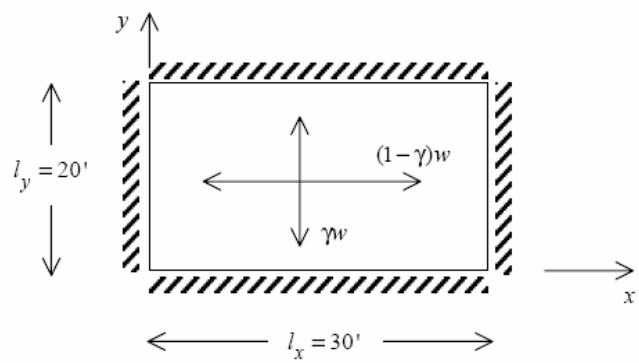
Với nhịp sàn theo phương y : $M_{slab} = \dfrac{(\gamma wl_2)l_1^2}{8} = \dfrac{\gamma wl_2 l_1^2}{8}$ (7-7)

Với nhịp các dầm theo phương x : $M_{beams} = \dfrac{2[1-\gamma]w(0{,}5l_2)l_1^2}{8} = \dfrac{[1-\gamma]wl_2 l_1^2}{8}$ (7-8)

Tổng mômen trong sàn và các dầm: $\sum M = M_{slab} + M_{beams} = \dfrac{wl_2 l_1^2}{8} = M_x$ (7-9)

Ví dụ 1

Xét một sàn chữ nhật gối đơn giản lên các tường xây như hình dưới. Thông tin về vật liệu và tải trọng xem ở bảng kèm theo.



f_c'	4 ksi
f_y	60 ksi
w_u	0.3 ksf

Giả thiết rằng $\gamma = 0.5$ ta có mômen M_y quanh trục x :

$$M_y = \frac{(1-0{,}5)(0{,}3)30^2}{8} = 16{,}9 \text{ kip-ft/ft}$$

và mômen M_x quanh trục y :

$$M_x = \frac{(0{,}5)(0{,}3)20^2}{8} = 7{,}5 \text{ kip-ft/ft}$$

ả ếu sàn dày 8”, chiều cao hiệu quả (theo từng hướng) giả sử xấp xĩ bằng d = 6,5”. Giả sử rằng cường độ chịu uốn (m_u) của sàn có thể tính toán theo ACI 318 như sau:

$$\boxed{m_u = \phi \frac{A_b}{s} f_y d\left(1 - 0{,}59 \frac{A_b}{sd}\frac{f_y}{f_c'}\right)} \qquad (7\text{-}10)$$

Sử dụng cốt thép #6 ($A_b = 0{,}44$ in^2) và $\phi = 0{,}9$, các bước yêu cầu cốt thép sàn (s) như sau:

- Thép phương x: #6 có $s_y = 8{,}7$” (cho mômen M_y)
- Thép phương y: #6 có $s_x = 19{,}6$” (cho mômen M_x)

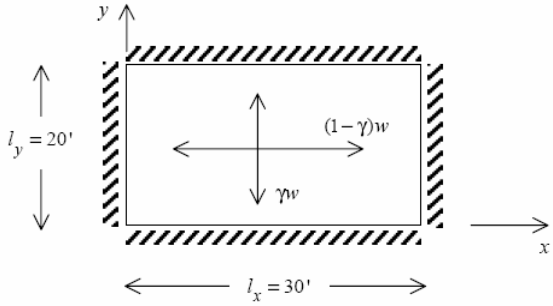
http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Tổng chiều dài cốt thép #6 trong sàn là :

$$\sum L = \frac{l_y}{s_y} l_x + \frac{l_x}{s_x} l_y = \frac{12 \times 20}{8,7} \times 30' + \frac{12 \times 30}{19,6} \times 20' = 1195'$$

Ví dụ 2



Các thông số tương tự như **ví dụ 1** nhưng

$\gamma = 0,75$

$(1-\gamma) = 0,25$

Từ hình trên:

$$M_y = \frac{(1-0,75)(0,3)30^2}{8} = 8,4 \text{ kip-ft/ft}$$

$$M_x = \frac{(0,75)(0,3)20^2}{8} = 11,25 \text{ kip-ft/ft}$$

Đối với sàn dày 8", chiều cao hiệu quả (theo từng hướng) giả sử xấp xĩ bằng d = 6,5".

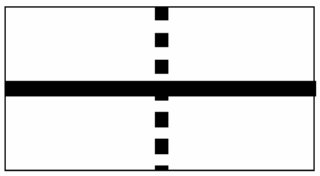
Sử dụng cốt thép #6 ($A_b = 0,44$ in^2) và $\phi = 0,9$, các bước yêu cầu cốt thép sàn (s) như sau:

- Thép phương x: #6 có $s_y = 17,4$" (cho mômen M_y)
- Thép phương y: #6 có $s_x = 13,0$" (cho mômen M_x)

Tổng chiều dài cốt thép #6 trong sàn là :

$$\sum L = \frac{l_y}{s_y} l_x + \frac{l_x}{s_x} l_y = \frac{12 \times 20}{17,4} \times 30' + \frac{12 \times 30}{13,0} \times 20' = 968'$$

Làm thế nào có thể chọn được phương cách phân phối tải trọng tốt hơn (giá trị γ) ?



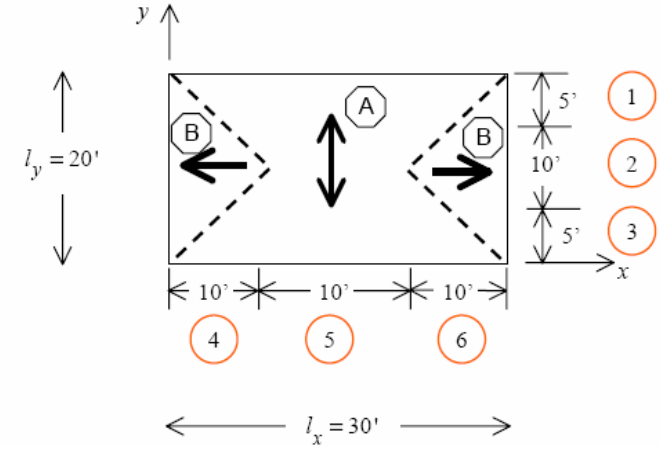
- Xét hai dải ở tâm sàn theo các hướng x và y:
  - Hai dải như hình vẽ dưới (*nét đậm* và *nét đứt*)
  - Độ võng tại giao điểm là như nhau: $w_1 l_1^4 = w_2 l_2^4$
  - $\frac{w_1}{w_2} = \frac{l_2^4}{l_1^4} = \frac{30^4}{20^4} = 5,1$ và do đó chọn $\gamma = 0,83$
- Có thể chọn $\gamma = 1.0$ nhưng người thiết kế cũng phải cần bố trí thêm cốt thép chịu giãn nở nhiệt và co ngót (*temperature and shrinkage rebar*) cho sàn.

http://vietnam12h.com

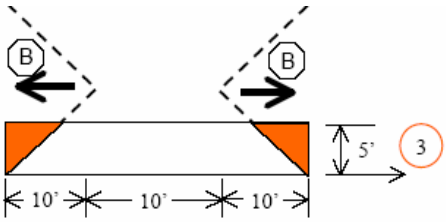
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Ví dụ 3

Ví dụ 3 có các thông số vật liệu và kích thước tương tự như hai ví dụ trên. Ví dụ này giới thiệu các Đường gián đoạn (*Discontinuity Lines*) mà xuất phát từ các góc của sàn. Đường gián đoạn không phải là đường chảy dẻo. Các đường này dạng nét đứt vẽ ở hình dưới :



Để minh họa cho quá trình phân chia tải trọng cho các dải, xét dải 3 ở trên. Dải 1 tương tự dải 3. Dải 3 có nhịp 30' và chỉ có vùng màu cam chịu tải trên dải này.

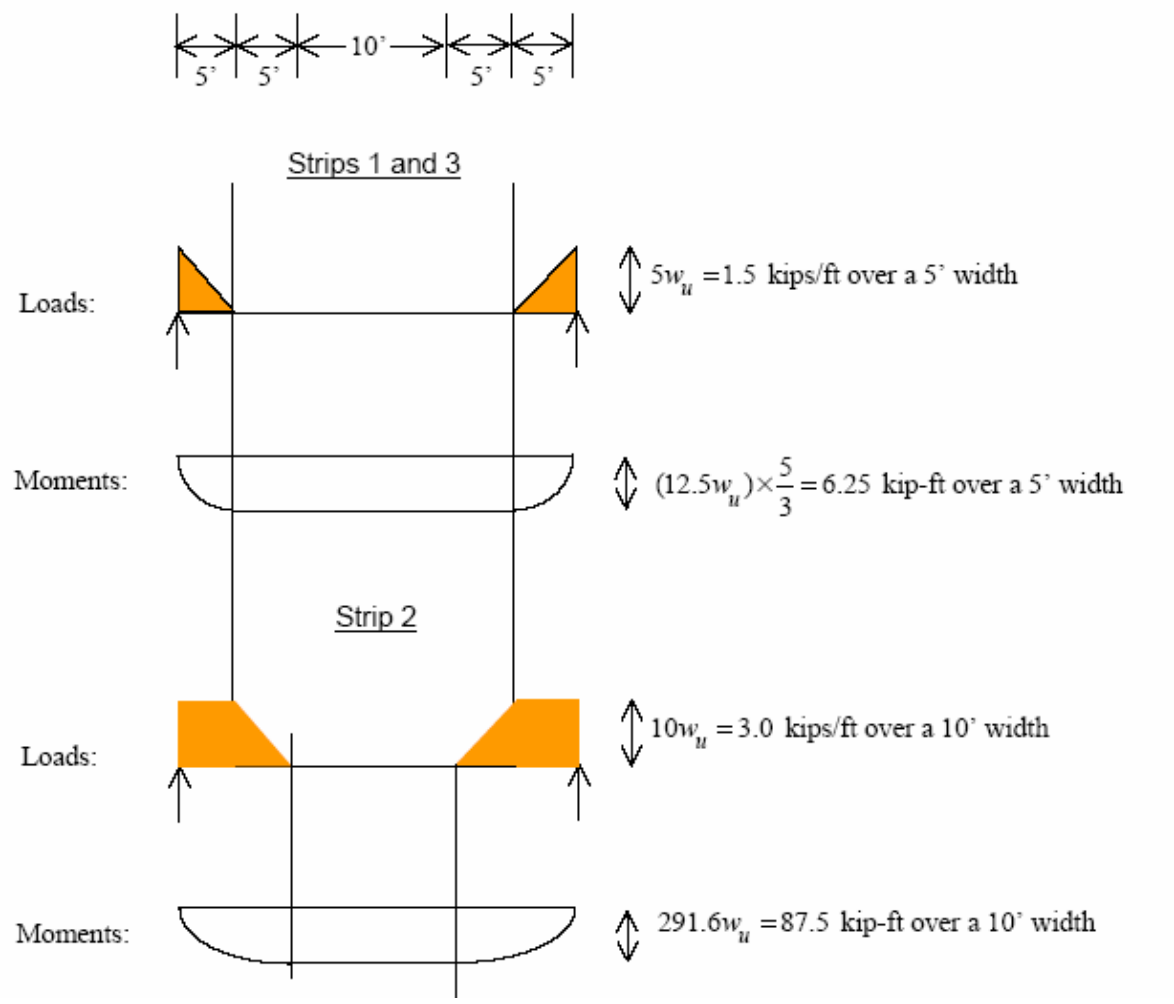


http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Dùng phương pháp này, có thể xem các dải như các phần tử dầm 1-phương. Tải trọng và mômen tính toán được thiết lập cho từng dải.

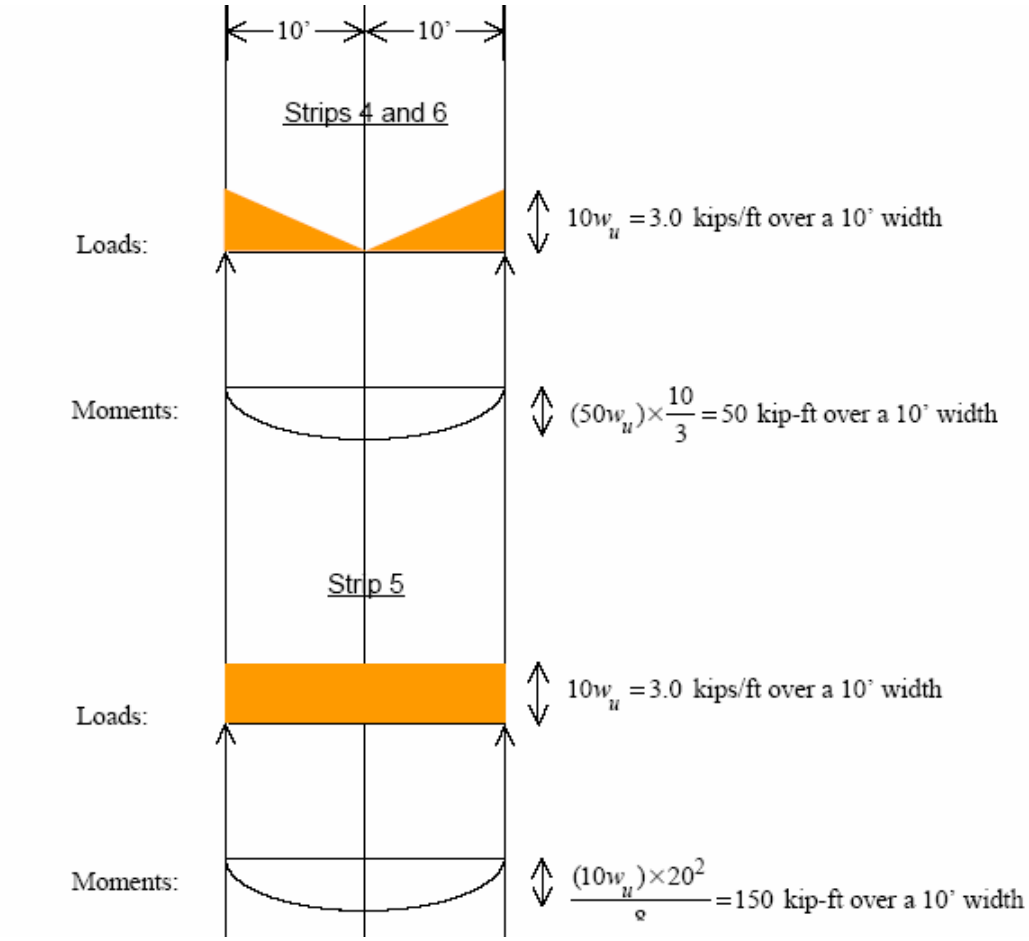
Xét các dải phương ngang, các biểu đồ tải trọng và mômen tính được cho các dải 1, 2, 3 như sau :



http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Tương tự xét các dải phương đứng, các biểu đồ tải trọng và mômen tính được cho các dải 4, 5, 6 như sau :



ả ghiệm bài toán là bố trí thép trong các dải 1-6; giả thiết chiều cao hiệu quả sàn d = 6,5" và thép #6 được dùng để gia cường sàn. Kết quả tính được lập thành bảng. Chú ý rằng phương pháp này dùng các mômen trung bình không hoàn toàn chính xác, mà sự phân phối lại tải trọng sẽ xảy ra tại giai đoạn tải trọng tới hạn.

Dải	Chiều rộng (inch)	Chiều dài (inch)	M_u (kip-ft)	$M_{u,avg}$ (kip-ft/ft)	Bước thép (#6)	Phương
1	5'	30'	6,3	1,25	117	X
2	10'	30'	87,5	8,75	16,8	X
3	5'	30'	6,3	1,25	117	X
4	10'	20'	50	5	29,3	Y
5	10'	20'	150	15	9,8	Y
6	10'	20'	50	5	29,3	Y

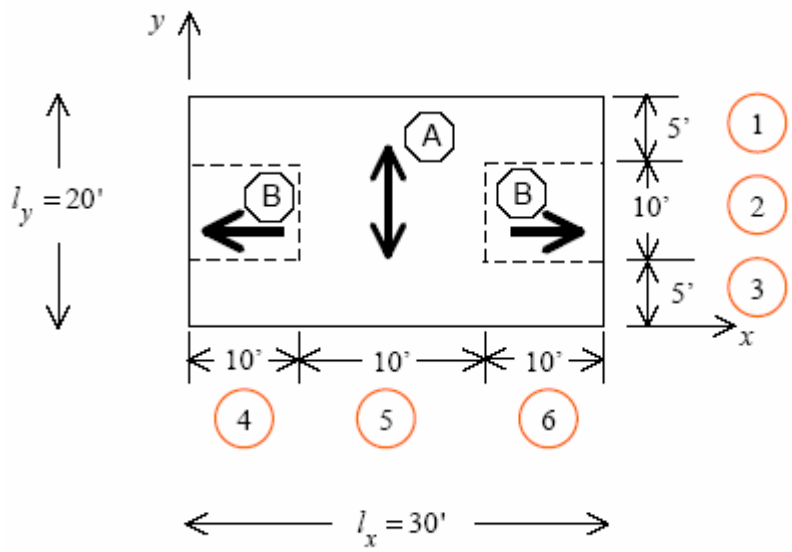
Bỏ qua một bên khả năng cắt bớt thép sàn, với thiết kế bố trí thép sàn theo **các dải 1-3** (phương X) và thép theo các dải **4-6** (phương Y), ta có tổng chiều dài thép của nghiệm trên là 654" : giảm đáng kể so với các ví dụ trước (ví dụ 1 và 2).

http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

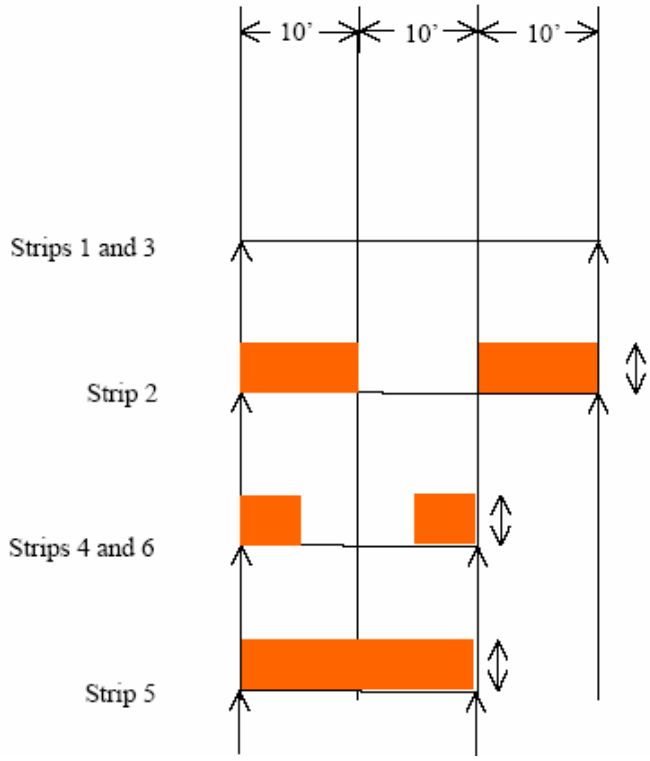
Ví dụ 4

Ví dụ 4 có các thông số vật liệu và kích thước tương tự như ba ví dụ trên. Ví dụ này giới thiệu các Đường gián đoạn (*Discontinuity Lines*) mà xuất phát từ các góc của sàn. Đường gián đoạn không phải là đường chảy dẻo. Các đường này dạng nét đứt vẽ ở hình dưới :



Quá trình tìm nghiệm như ví dụ 3. Tổng chiều dài thép yêu cầu cho phương án đường gián đoạn này là 736', giả thiết không cắt bớt cốt thép. Trong khi đó, tổng chiều dài thép yêu cầu cho ví dụ 3 là 654'.

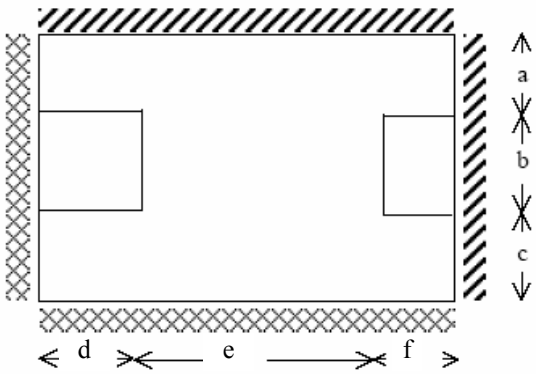
Các biểu đồ tải trọng trên các dải từ 1 đến 6 được mô tả bên dưới :



http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Ví dụ trên đã nêu vấn đề cần lưu ý trong việc chọn Đường gián đoạn xuất phát từ các cạnh sàn. Xét sàn chữ nhật bên dưới bị ngàm ở 2 cạnh và gối đơn giản trên 2 cạnh còn lại. Lựa chọn nào là hợp lý đối với 6 kích thước a, b, c, d, e, f ?



Choose $c > a$
$d > f$

Why?

- Load will be transferred to the stiffer support

7.3.3 Lựa chọn các chiều rộng dải sàn

Không có qui tắc đặc biệt chọn các dải trong phân tích và thiết kế sàn. ầ gười thiết kế phải nhận biết rằng một mức độ nào đó về tái phân phối tải trọng sẽ xảy ra tại trạng thái tới hạn - vùng quá tải sẽ được làm nhẹ bớt qua sự tái phân tải. Việc thử thách là :

- Thiết kế thép sàn với độ dẻo cao ($\mu_\phi \uparrow$) để làm thuận lợi cho tái phân phối tải trọng, nghĩa là thiết kế với giá trị nhỏ của $\rho = A_s/bd$. Giá trị mẫu của độ dẻo tới hạn μ_ϕ được trình bày dưới đây:

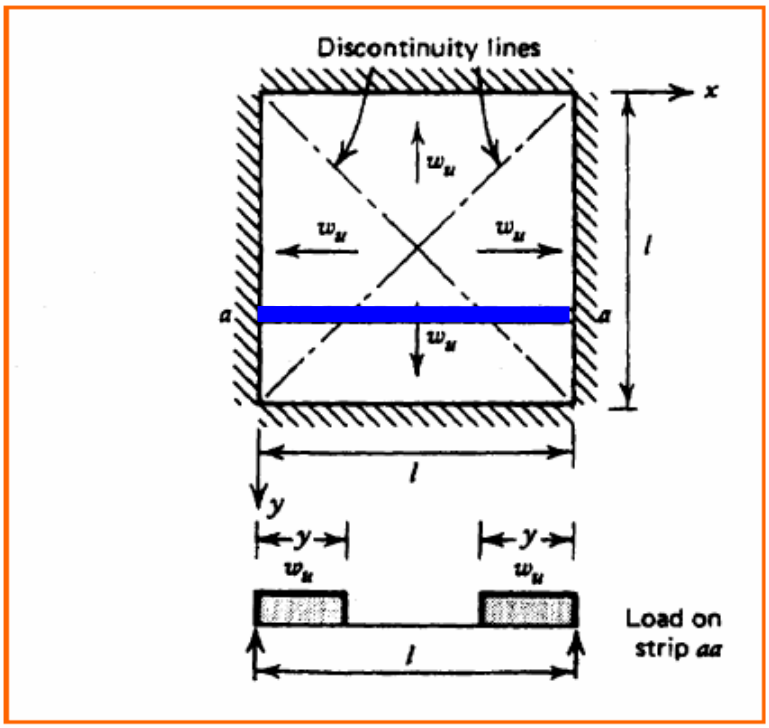
ρ giảm	0,020	0,015	0,010	0,005
μ_ϕ tăng	4	6	10	23

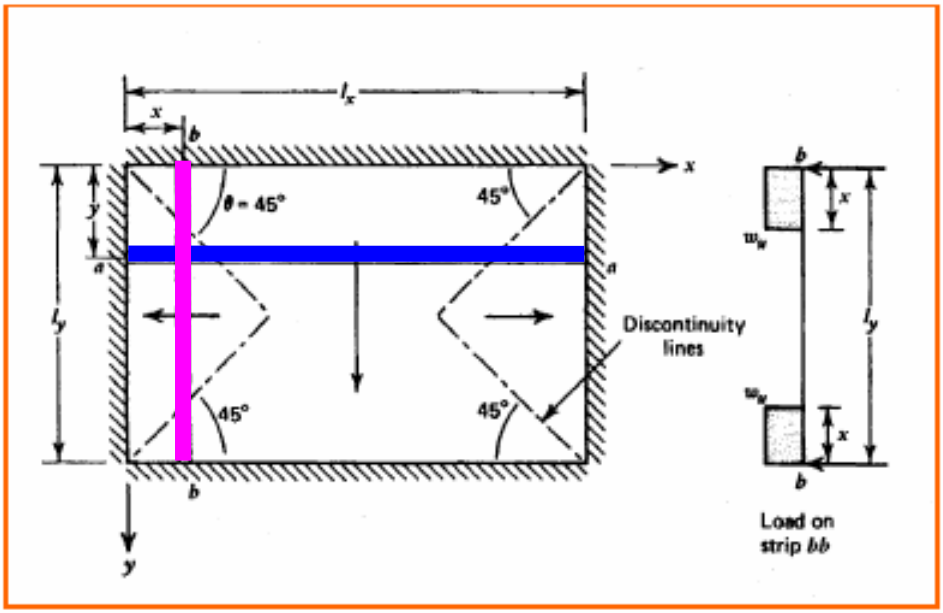
- Chọn bề rộng dải sao cho không quá thừa tái phân phối tải trọng :
  - giữ dải tương đối hẹp
  - chọn kiểu phân bố tải trọng (*load path*) tương tự như phân phối đàn hồi.

http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

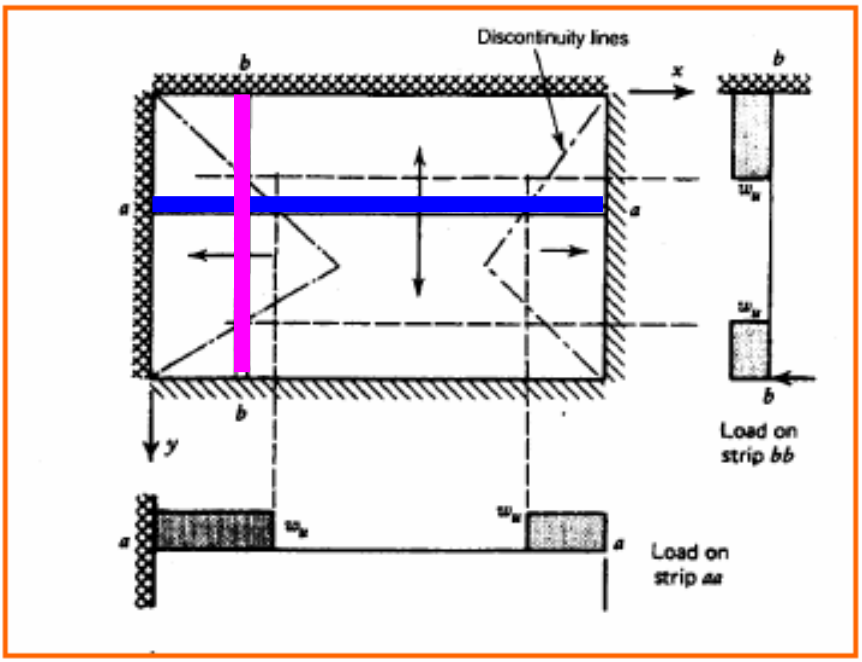
Park và Gamble trình bày một số ví dụ dưới đây. Giá trị bề rộng nào là hợp lý của dải aa và dải bb trong các ví dụ này ?





http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam



7.3.4 Các đường gián đoạn từ các góc sàn

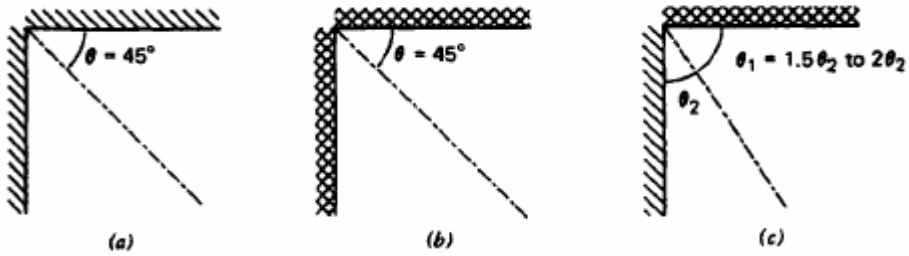
Các đường gián đoạn được giới thiệu trong các ví dụ ở phần trước. Hillerborg đã đề nghị một số nguyên tắc cho những đường gián đoạn xuất phát từ các góc vuông sàn:

1. Đường gián đoạn nên chia đôi góc sàn tạo bởi hai cạnh ngàm giao nhau (hình a) hay hai cạnh gối tựa đơn giản giao nhau (hình b): $\theta_1 = \theta_2 = 45°$.

2. ả ơi giao nhau của một cạnh ngàm và một cạnh gối tựa đơn giản (hình c), đường gián đoạn nên chia góc vuông thành hai góc nhọn sao cho: $\theta_1 = 1{,}5\theta_2$ đến $2\theta_2$.

- Tại sao ? tải trọng sẽ truyền về phía có độ cứng lớn hơn.

Các qui tắc này được biểu diễn ở hình dưới (theo Park và Gamble).



http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

7.4 DẢI CỨNG TRONG PHƯƠNG PHÁP DẢI

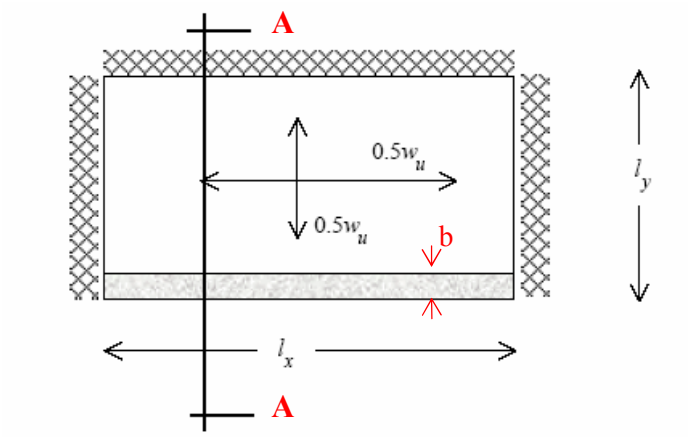
Phương pháp dải trình bày trên đây không thể giải cho các bài toán sau:

- Sàn có khoảng trống (*opening*)
- Sàn có góc lõm (*re-entrant corner*)
- Sàn có cạnh tự do (*free edge*)
- Sàn không dầm (*beam-less slab*) với gối tựa cột

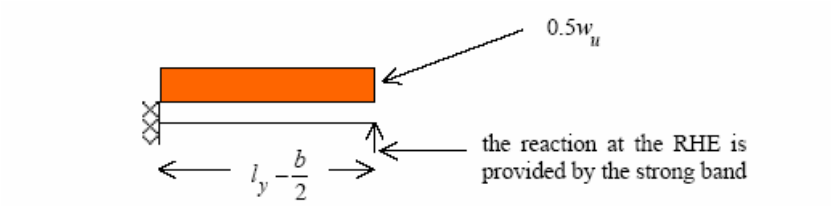
nếu không sử dụng dải cứng (*strong band*) để giúp phân phối tải trọng đến gối tựa. Một dải cứng là dải sàn với bề rộng hợp lý có một lượng thép tập trung và hành xử như một dầm. Thường chiều cao dải cứng bằng chiều cao sàn nhưng có thể dày hơn để cung cấp độ gia cường đòi hỏi. Việc sử dụng dải cứng được minh họa ở các ví dụ dưới đây:

Ví dụ 1

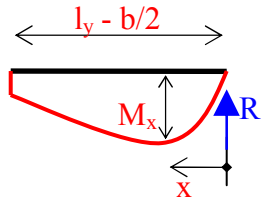
Xét sàn chữ nhật bên dưới bị ngàm trên 3 cạnh, và 1 cạnh còn lại tự do. Tải trọng tới hạn là w_u . Dải cứng có chiều rộng b được tô sậm như trong hình vẽ. Chú ý hệ số phân tải trọng $\gamma = 0,5$ (hợp lý ?)



Trên mặt cắt A-A, tải trọng được phân phối như sau:



Biểu đồ mômen (M) cho trường hợp tải này là :



với: $M_x = Rx - 0,25w_ux^2$

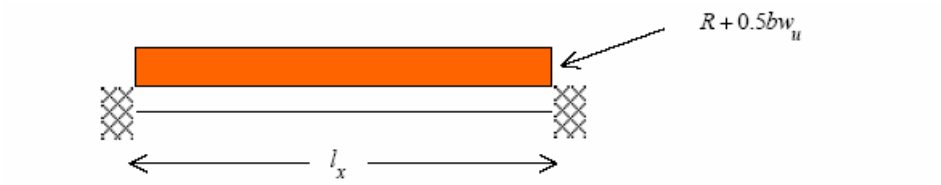
Chú ý:

$R + R_{ngàm} = 0.5\ w_u\ (l_y - b/2)$

http://vietnam12h.com

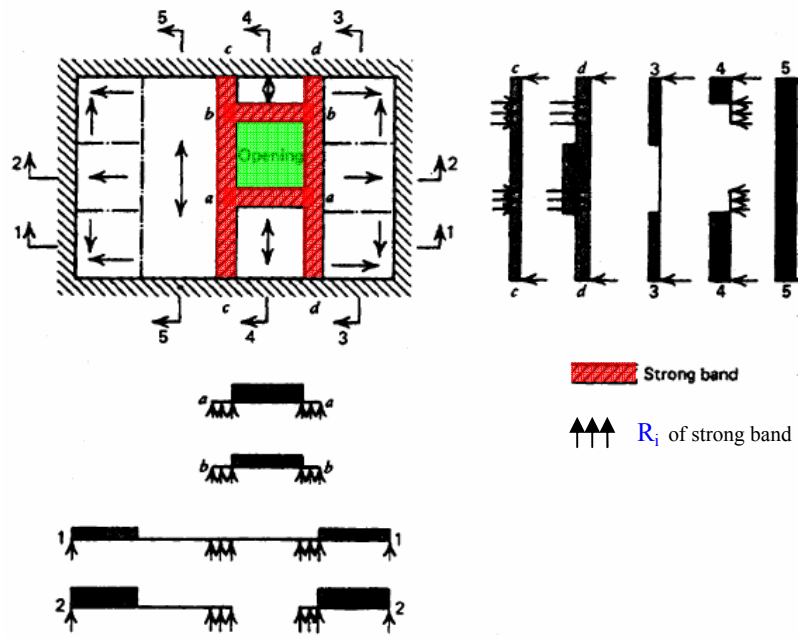
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Với dải cứng, người thiết kế có thể chọn bất kỳ giá trị nào cho phản lực R nhưng hợp lý nhất là chọn nhỏ hơn phản lực đứng tại ngàm ($R < R_{ngàm}$). Trên dải cứng, phân phối tải trọng như sau:



Ví dụ 2

Ví dụ 1 trình bày một sử dụng đơn giản dải cứng. Trong ví dụ đó, hệ truyền tải là rõ ràng , cụ thể là sàn truyền tải xuống dải cứng và dải cứng truyền tải xuống tường. Ở ví dụ dưới đây, Park và Gamble trình bày sử dụng dải cứng để thiết kế khung BTCT bao quanh khoảng trống của sàn. Sàn khảo sát gối đơn giản trên 4 cạnh và có một khoảng trống. Hướng phân bố tải trọng cũng được mô tả cho các dải sàn và dải cứng ở hình dưới. Bốn dải cứng (gạch chéo) là aa, bb, cc, và dd.



Các dải cứng được đặt trên 4 cạnh của lỗ hổng. Các đường gián đoạn cho sàn cũng được mô tả ở hình trên. Các dải sàn truyền tải theo hướng các mũi tên như hình vẽ : đến các gối đơn giản, đến các dải cứng, hay cả hai (chú ý với các hệ số phân tải γ_i khác nhau). Hệ thống truyền tải cho các dải cứng như sau:

- Các dải cứng aa và bb chuyển tải đến cc và dd.
- Các dải cứng cc và dd truyền tải xuống các gối đơn giản.

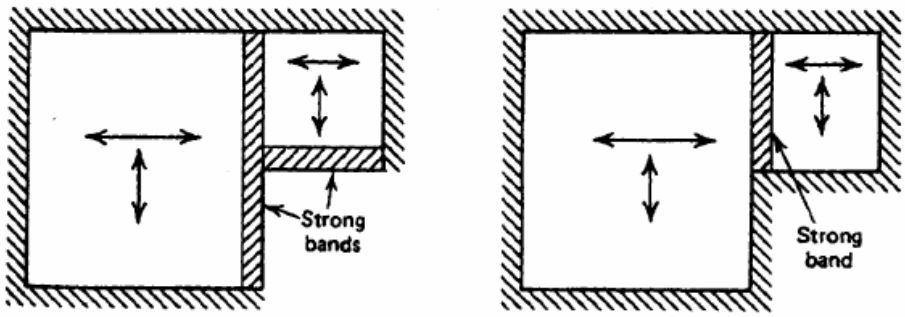
http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

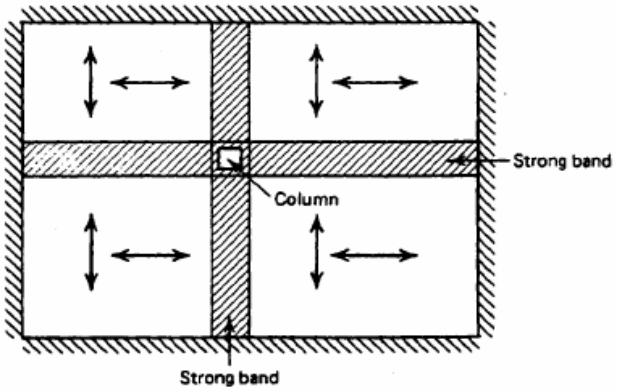
Tương tự, phương pháp dải cứng có thể áp dụng cho sàn chịu tải phân bố đều trong các trường hợp sàn có góc lõm và sàn không dầm có cột đỡ. (xem các ví dụ minh họa dưới đây của Park và Gamble).

Ví dụ 3

Ở các sàn có góc lõm, các dải cứng được đặt tại các góc lõm để truyền tải sàn trực tiếp xuống các gối đỡ.



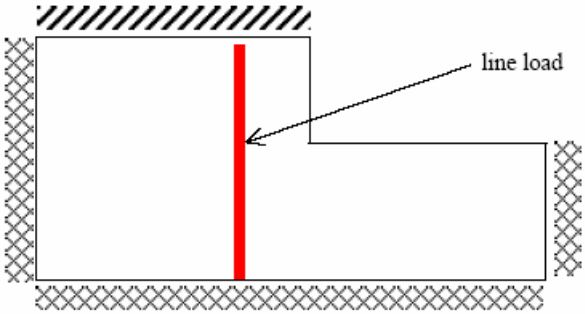
Ở các sàn không dầm, các dải cứng được đặt tại trực giao nhau ở phía trên cột đỡ sàn.



Phương pháp dải cứng cũng có thể áp dụng cho to sàn chịu tải trọng đường (*line load*), ví dụ ray cầu trục.

Ví dụ 4

Xét bản có góc lõm chịu tải trọng đường như sau:

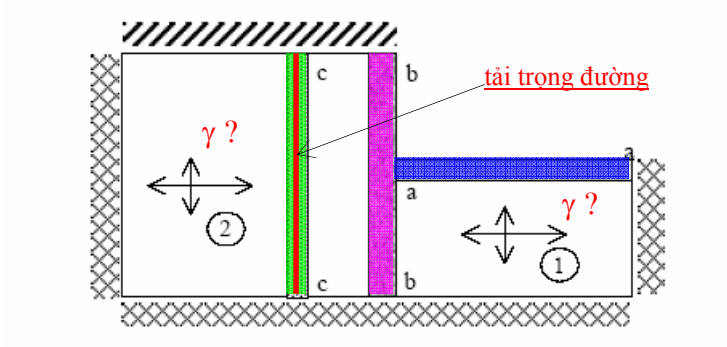


Phương án phân tải *(load path)* hợp lý nhất cho các dải sàn và các dải cứng như thế nào ?

http://vietnam12h.com

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Một phương án phân tải khả dĩ hợp lý như sau:

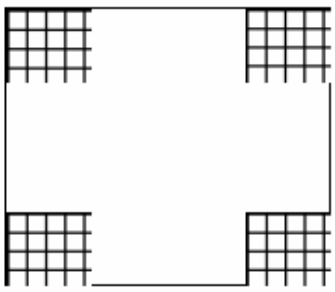


- Vùng ① của sàn phân tải như trên, hệ số phân tải γ nên là bao nhiêu?
- Dải cứng aa, chống đỡ một phần vùng ①, có một đầu nối với cạnh ngàm và một đầu nối với dải cứng bb.
- Vùng ② của sàn phân tải đến các cạnh sàn và dải cứng bb.
- Dải cứng cc chỉ chống đỡ tải trọng đường mà không nhận tải từ vùng ② (cả hai phía).
- Dải cứng bb chịu tải truyền từ các vùng ① và ② và một phần tải trọng từ dải cứng aa.

7.5 THIẾT KẾ SÀN THEO PHƯƠNG PHÁP DẢI

Một số qui tắc chính cho triển khai cốt thép trong thiết kế sàn theo phương pháp dải:

1. Dùng một hàm lượng thép sàn nhỏ: $\rho \le 0{,}5\ \rho_{bal}$ để sự tái phân phối tải trọng sàn được thuận lợi ($\rho = A_s/bd$).
2. Cung cấp thép tối thiểu chống nhiệt và co ngót ($\rho > \rho_{min}$).
3. Giới hạn bước thép nhỏ hơn 2 lần chiều dày sàn ($s < 2h$).
4. Không cắt thép ở mặt đáy sàn và kéo dài thép ở đáy vào gối tựa một khoảng bằng 6". Cắt thép mặt trên tại các điểm uốn; dùng một ước tính an toàn cho các điểm uốn giả thiết.
5. Cung cấp cốt thép gia cường các góc mặt trên sàn và kéo dài một khoảng bằng 20 % nhịp sàn (xem hình a).
6. Cung cấp cốt thép chống xoắn dọc theo cạnh sàn tự do (xem hình b) ← giả thuyết $m_{xy} = 0$



a)-

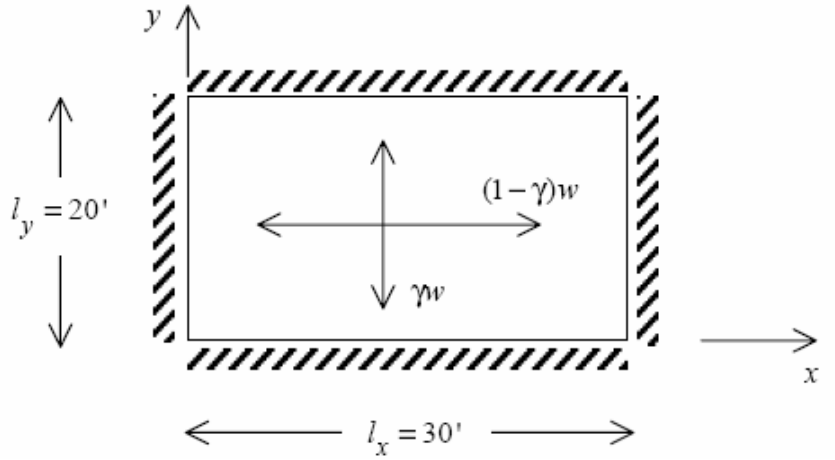
b)-

http://vietnam12h.com

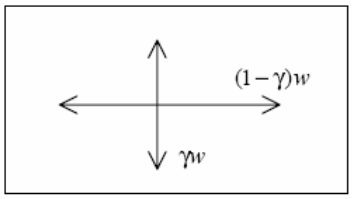
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

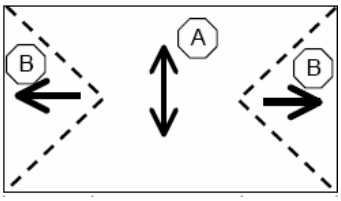
Bài tập 1: (SV nộp)

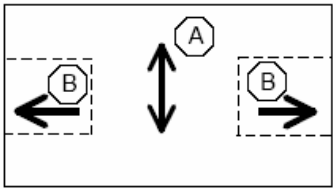
Một bản BTCT tựa đơn trên 4 cạnh có kích thước như hình dưới đây. Tải trọng **w** phân bố đều trên bản. Thép dọc mặt đáy theo phương y có mômen chảy dẻo là $\mathbf{M_{nx}}$ **= 12** kip-ft/ft; thép dọc mặt đáy theo phương x có mômen chảy dẻo là $\mathbf{M_{ny}}$ **= 8** kip-ft/ft; giả sử mặt trên không cốt thép.



1. Hãy thiết lập các kiểu đường gián đoạn phân tải hợp lý theo phương pháp dải của Hillerborg.
2. Tìm tải trọng cho phép lớn nhất $\mathbf{w_u}$ và so sánh với phương pháp đường chảy dẻo của Johansen.





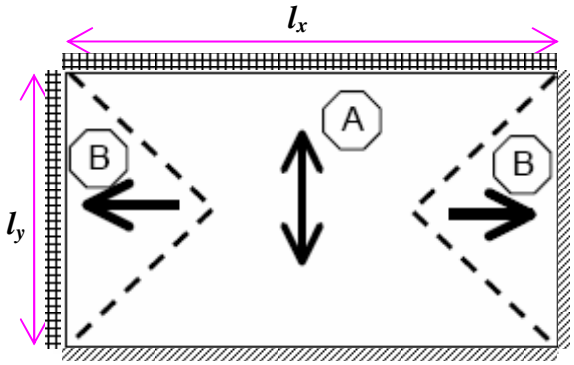


Bài tập 2: (SV nộp)

Xét sàn chữ nhật bên dưới bị ngàm ở 2 cạnh và gối đơn giản trên 2 cạnh còn lại ($\mathbf{l_x}$ = 30'; $\mathbf{l_y}$ = 20'). Tải trọng **w** phân bố đều trên bản. Bố trí thép dọc theo cả 2 phương có mômen chảy dẻo:

- ở mặt trên là $\mathbf{M_{n1}}$ = 18 kip-ft/ft
- ở mặt dưới là $\mathbf{M_{n2}}$ = 12 kip-ft/ft

Giả sử có kiểu đường gián đoạn phân tải theo phương pháp dải như hình bên. Tìm tải trọng cho phép lớn nhất $\mathbf{w_u}$



http://vietnam12h.com