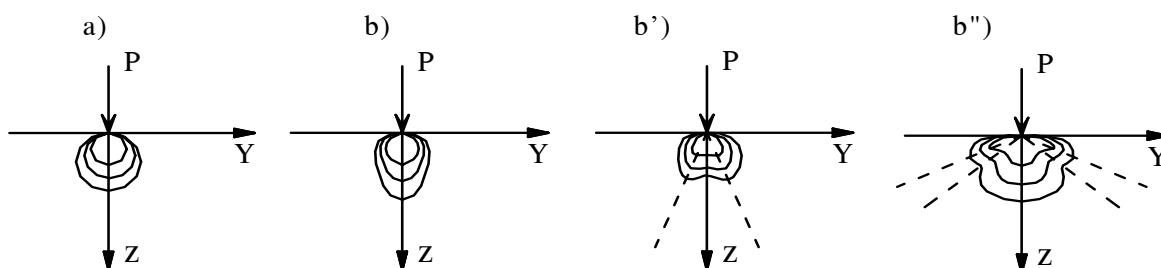


### §3. PHÂN BỐ ỨNG SUẤT TRONG NỀN ĐẤT CÓ XÉT ĐẾN TÍNH KHÔNG ĐỒNG NHẤT VÀ TÍNH KHÔNG ĐẲNG HƯỚNG CỦA ĐẤT

Trên đây vừa trình bày các phương pháp xác định sự phân bố ứng suất trong nền đất, được coi là đồng nhất đẳng hướng biến dạng tuyến tính, giới hạn bởi một mặt phẳng nằm ngang, phát triển tới vô hạn ra xung quanh, dưới tác dụng của tải trọng ngoài. Trong thực tế thường không có loại đất nào như vậy cả, khái niệm "đồng nhất" ở đây chỉ là khái niệm tương đối. Bởi vì ngay trong cùng một loại đất "đồng nhất" thì các đặc trưng biến dạng và tính chất đàn hồi cũng rất khác nhau, theo hướng khác nhau. Tính chất biến dạng của đất không giống theo các hướng gọi là tính không đẳng hướng.

Phân tích những kết quả của bài toán phân bố ứng suất do tải trọng tập trung tác dụng cho thấy rằng, biểu đồ các đường đồng ứng suất chính trong vật thể không đẳng hướng có dạng rất khác nhau.



Hình II - 25 : Biểu đồ các đường đồng ứng suất chính trong nền đất không đẳng hướng dưới tác dụng của tải trọng dải: a- Vật thể đẳng hướng; b, b', b'' - vật thể không đẳng hướng khi mỗi tương quan giữa các môđun biến dạng khác nhau.

Trên hình (II - 25) biểu diễn những đường đồng ứng suất chính trong vật thể đồng nhất đẳng hướng, (II - 25a) theo lời giải của Flamăng và trong vật thể không đẳng hướng với mỗi tương quan giữa các môđun biến dạng khác nhau, (II - 25b, b', b'') theo lời giải của S.G.Lêxnitxki. Trong trường hợp không đẳng hướng này, các đường đồng ứng suất chính có thể có một, hai hoặc ba điểm cực đại với những góc nghiêng của những đường trục cực đại (điểm lồi) không phải lúc nào cũng trùng với phương của lực tác dụng. Hướng của chỗ lồi đó cũng chính là điểm nguy hiểm nhất đối với độ bền vững của khối đất. Sau này A.V.Stêpanov (1950) dựa trên cơ sở lời giải tổng quát của S.G.Lêxnitxki đã nghiên cứu tỉ mỉ hơn trạng thái ứng suất trong bán không gian không đẳng hướng, dưới tác dụng của tải trọng trong điều kiện bài toán phẳng. Ông đã kết luận rằng, trong vật thể không đồng nhất, không đẳng hướng, hướng của các ứng suất lớn nhất không trùng với phương tác dụng của lực và cũng không trùng với phương biến dạng cực đại, đồng thời dọc theo phương có trị số môđun đàn hồi pháp lớn nhất ta thấy có hiện tượng tập trung ứng suất, còn dọc theo phương có trị số môđun đàn hồi pháp nhỏ nhất ta thấy có hiện tượng phân tán ứng suất.

Trường hợp đơn giản nhất là bài toán về sự phân bố ứng suất trong khối đất biến dạng tuyến tính có các môđun biến dạng khác nhau : theo phương ngang  $E_y$  và theo phương thẳng đứng  $E_z$ . Wölf đã giải bài toán này dưới tác dụng của lực tập trung thẳng đứng và đã thu được những công thức gần đúng sau đây cho các thành phần ứng suất :

$$\left. \begin{aligned} \sigma'_z &= -K \frac{2p}{\pi} \cdot \frac{z^3}{r^2 \cdot r_1^2} \\ \sigma'_y &= -K \frac{2p}{\pi} \cdot \frac{y^2 \cdot z}{r^2 \cdot r_1^2} \\ \tau'_{yz} &= -K \frac{2p}{\pi} \cdot \frac{y \cdot z^2}{r^2 \cdot r_1^2} \end{aligned} \right\} \quad (\text{II - 49})$$

Trong đó : r - Khoảng cách từ điểm đặt tải trọng đường thẳng tới điểm đang xét

$$r_1 = K \cdot r; \quad K = \sqrt{\frac{E_x}{E_z}} \quad (\text{II - 50})$$

Nếu đem so sánh công thức đã đưa ra về ứng suất trong trường hợp nền không đẳng hướng đơn giản nhất (II - 49) với công thức trong trường hợp nền đẳng hướng (II - 33) ta có :

$$\sigma'_z = \frac{\sigma_z}{K}; \quad \sigma'_y = \frac{\sigma_y}{K}; \quad \tau'_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{K} \quad (\text{II - 51})$$

Ở đây :  $\sigma_z, \sigma_y, \tau_{yz}$  - ứng suất trong vật thể đẳng hướng.

Khi tác dụng lực tập trung trong trường hợp bài toán không gian, ứng suất nén  $\sigma'_z$  được tính theo công thức sau :

$$\sigma'_z = \frac{p}{\pi} \cdot \frac{z^3(1+K+K^3)}{R^5 \cdot K(1+K)} \quad (\text{II - 52})$$

Khi  $K = 1$  các biểu thức (II - 49) và (II - 52) giống các biểu thức viết cho bán không gian đồng nhất và đẳng hướng. Ở đây cần nhấn mạnh rằng, độ chênh lệch giữa  $E_z$  và  $E_y$  càng lớn thì tính chất không đẳng hướng thể hiện càng rõ rệt và ảnh hưởng càng nhiều đến trị số ứng suất. Theo lời giải chính xác của L.P.Portaev (1958) trị số ứng suất trong trường hợp nền không đẳng hướng đang xét không những chỉ phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{E_y}{E_z}$  mà còn phụ thuộc cả vào hệ số nở hông  $\mu$  nữa.

Vì vậy, nếu môđun biến dạng theo hướng tác dụng của lực lớn hơn so với môđun biến dạng theo phương vuông góc với nó thì sẽ quan sát thấy hiện tượng tập trung ứng suất và ngược lại sẽ quan sát thấy hiện tượng phân tán ứng suất.

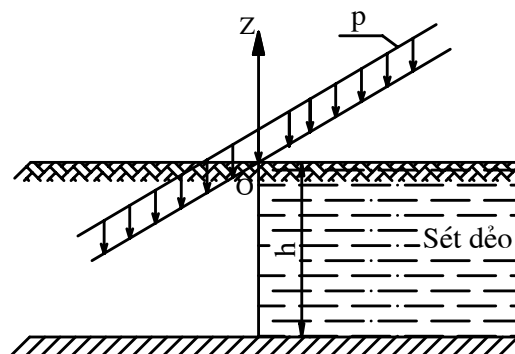
Dưới đây ta xét 2 trường hợp đơn giản về sự phân bố ứng suất trong nền đất không đồng nhất không đẳng hướng.

### 3.1. Trường hợp dưới nền đất là lớp đá cứng :

Đối với trường hợp nền công trình là lớp đất có chiều dày giới hạn, nằm trên nền đá cứng không bị nén ép (Hình II - 26). Sự phân bố ứng suất trong lớp đất bị nén ép chủ yếu phụ thuộc vào kích thước diện chịu tải và chiều dày của lớp đất bị nén ép đó và ít chịu ảnh hưởng vào lực ma sát trên mặt tiếp xúc giữa hai lớp cũng như hệ số nở hông  $\mu$ .

Đối với bài toán phẳng, khi nền đất chịu tác dụng tải trọng phân bố đều theo đường thẳng, với giả thiết lấy hệ số nở hông  $\mu = 0,5$  thì công thức tính ứng suất nén ép thẳng đứng lớn nhất  $\sigma_z$  ở mặt tiếp xúc giữa hai lớp như sau :

$$\sigma_{(z=h)} = 0,822 \frac{P}{h} \quad (\text{II - 53})$$



Hình II-26

Với bài toán trên có xét đến lực ma sát của mặt tiếp xúc giữa hai lớp với nhau nhưng lại giả thiết hệ số  $\mu$  bằng không, ứng suất  $\sigma_z$  lớn nhất ở mặt tiếp xúc trên trực tác dụng lực được tính theo công thức sau :

$$\sigma_{(z=h)} = 0,827 \frac{P}{h} \quad (\text{II - 54})$$

Đối với nền đất đồng nhất, đẳng hướng, cùng điều kiện bài toán như trên, ứng suất  $\sigma_z$  ở tại độ sâu bằng  $z=h$  tính theo công thức sau:

$$\sigma_{(z=h)} = 0,636 \frac{P}{h} \quad (\text{II - 55})$$

Trị số này nhỏ hơn các trị số tính  $\sigma_z$  đối với nền không đồng nhất nói trên và chứng tỏ rằng sự có mặt của một lớp đá cứng không bị nén ép ở độ sâu nào đó sẽ dẫn đến hiện tượng tập trung ứng suất nén ép theo phương tác dụng của tải trọng (tức là hiện tượng ứng suất  $\sigma_z$  lớn hơn so với trường hợp nền đồng nhất và đẳng hướng).

Hiện tượng tập trung ứng suất còn quan sát thấy trong trường hợp tải trọng là một dải phân bố đều. K.E.Egorov (1939 ÷ 1960) đã lập công thức tính toán ứng suất phụ thêm trong nền đất có tồn tại lớp đá cứng tại các điểm dọc theo đường thẳng đứng đi qua điểm giữa móng băng chịu tải trọng thẳng đứng, phân bố đều P ( Hình II - 27).

$$\sigma_z = K_E \cdot p \quad (\text{II - 56})$$

Trong đó:  $K_E = f\left(\frac{z}{h}, \frac{h}{b_1}\right)$  - Hệ số ứng suất phụ thêm trong nền không đồng nhất của K.E.Egorov; tra bảng (II-14)

$z$  - tọa độ trọng tâm của tiết diện ngang mà tại đó tính ứng suất

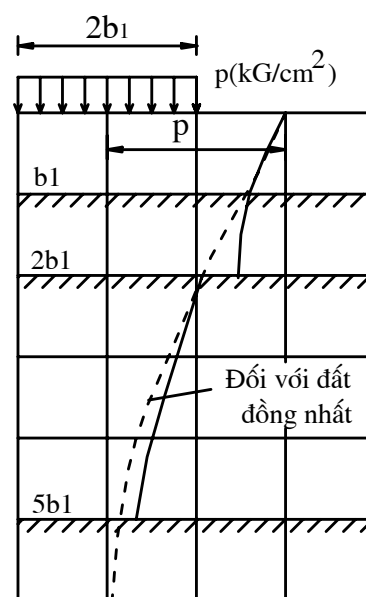
$h$  - chiều dày lớp chịu nén

$b_1$  - nửa chiều rộng của dải tải trọng phân bố đều

Bảng II - 14: Hệ số  $K_E$  của K.E.Egorov

$z/h$ \ $h/b_1$	1	2	5
1,0	1,0	1,0	1,0
0,8	1,009	0,99	0,82
0,6	1,020	0,92	0,57
0,4	1,024	0,84	0,44
0,2	1,023	0,78	0,37
0	1,022	0,76	0,36

Để minh họa sự phân bố ứng suất nén cực đại trong lớp đất tựa lên nền không lún, trên hình (II - 27) vẽ những biểu đồ phân bố  $\sigma_z^{\max}$  dưới tâm móng băng với những chiều dày của lớp chịu nén:  $h = b_1$ ,  $h = 2b_1$ ,  $h = 5b_1$ . Để tiện so sánh, đường nét đứt chỉ sự phân bố ứng suất nén cực đại khi nền đồng nhất ( $h = \infty$ ). Những số liệu dẫn ra ta thấy rằng : khi chiều dày của lớp chịu nén  $h = b_1$ , trị số ứng suất nén ép  $\sigma_z$  hầu như không giảm theo chiều sâu, nhưng nếu khi  $h \geq 2b_1$  thì trị số ứng suất nén  $\sigma_z$  giảm dần theo chiều sâu, nhưng không giảm nhiều như trong trường hợp đất đồng nhất và đẳng hướng.



Hình II-27

Đối với những trường hợp phức tạp hơn, khi tác dụng tải trọng cục bộ phân bố đều (trong điều kiện bài toán không gian), kết quả tính ứng suất  $\sigma_z$  ở mặt tiếp xúc dưới tâm diện chịu tải đã được M.I.Gorbunov - Poxadov đề nghị tính theo công thức sau:

$$\sigma_z = K_r \cdot p \quad (II-57)$$

Trong đó:  $K_r=f(h/b_1,a/b)$ - Hệ số ứng suất M.I.Gorbunov - Poxadov tra bảng (II -15)

P - Cường độ tải trọng phân bố đều trên diện chịu tải.

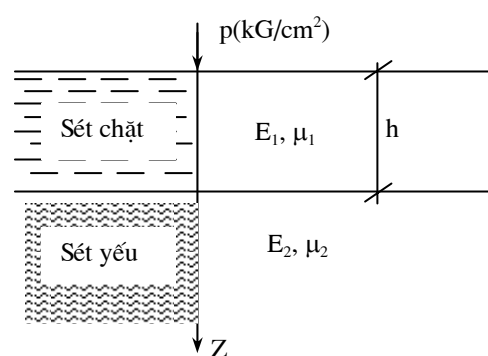
Bảng II - 15 : Hệ số  $K_r$  của M.I.Gorbunov - Poxadov

$h/b_1$	Hình tròn (bán kính $b_1$ )	Hình chữ nhật				Hình băng $\alpha = \infty$
		$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$	$\alpha = 4$	
0	1	1	1	1	1	1
0,25	1,009	1,009	1,009	1,009	1,009	1,009
0,5	1,064	1,053	1,033	1,033	1,033	1,033
0,75	1,072	1,082	1,059	1,059	1,059	1,059
1,00	0,965	1,027	1,039	1,026	1,025	1,025

1,50	0,684	0,762	0,912	0,911	0,902	0,902
2,00	0,473	0,541	0,717	0,769	0,761	0,761
2,50	0,335	0,395	0,593	0,651	0,636	0,636
3,00	0,249	0,298	0,474	0,549	0,560	0,560
4,00	0,148	0,180	0,314	0,392	0,439	0,434
5,00	0,098	0,125	0,222	0,287	0,359	0,359
7,00	0,051	0,065	0,113	0,170	0,262	0,262
10,00	0,025	0,032	0,064	0,098	0,181	0,185
20,00	0,006	0,008	0,016	0,024	0,068	0,086
30,00	0,001	0,001	0,003	0,005	0,014	0,037

**3.2. Trường hợp nền đất gồm hai lớp, lớp dưới là lớp mềm yếu.**

Đặc điểm của trường hợp này là quan sát thấy hiện tượng phân tán ứng suất, nghĩa là sự tập trung ứng suất giảm so với trường hợp nền đồng nhất, đẳng hướng, nhưng độ giảm không lớn như trường hợp dưới nền đất là lớp đá cứng. Dựa trên cơ sở hàm số của Bessel, Biot giải bài toán không gian dưới tác dụng lực tập trung, đã tìm ra công thức tính ứng suất thẳng đứng lớn nhất trên mặt tiếp xúc giữa hai lớp đất (hình II - 28):



Hình : II - 28

$$\sigma_{(z=h)} = 0,45 \cdot \frac{p}{h} \tag{II - 58}$$

Nếu đem so sánh trị số  $\sigma_{z=h}$  trong công thức (II - 58) với trị số ứng suất tính trong điều kiện nền đồng nhất, đẳng hướng, ta thấy trị số ứng suất lớn nhất giảm khoảng 6%. Do đó, trong thực tế tính toán người ta thường bỏ qua ảnh hưởng của lớp đất mềm yếu nằm dưới để tăng thêm hệ số an toàn trong công thức tính toán ứng suất. K.E.Egôrov đã giải bài toán về sự phân bố ứng suất dưới móng băng trong nền đất gồm hai lớp: lớp trên có chiều dày hữu hạn h và lớp dưới phổ biến tới vô tận theo chiều sâu và các phía. ứng suất  $\sigma_z$  cực đại trên mặt tiếp xúc giữa hai lớp đất, dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều hình băng được tính theo biểu thức :

$$\sigma_z = K_e \cdot p \tag{II - 59}$$

Trong đó  $K_e$  - hệ số phụ thuộc vào tỷ số  $2h/b$  và tham số  $\nu = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{1 - \mu_2^2}{1 - \mu_1^2}$  và

được tra theo bảng (II - 16), ở đây b là bề rộng của tải trọng hình băng.

Cần chú ý rằng, các trị số  $K_e$  tra trong bảng (II - 16) của K.E.Egôrov đều không xét đến ứng suất tiếp tuyến tại mặt tiếp xúc. Hiện tượng phân tán ứng suất, quan sát thấy một cách rõ rệt khi chiều dày lớp đất trên lớn hơn 1/4 chiều rộng móng.

Bảng (II - 16): Bảng giá trị hệ số  $K_e$  trong công thức (II-59) của K.E.Egôrov

2h/b	$\nu = 1$	$\nu = 5$	$\nu = 10$	$\nu = 20$
0	1,00	1,00	1,00	1,00
0,5	1,02	0,95	0,87	0,82
1,0	0,90	0,69	0,58	0,52
2,0	0,60	0,41	0,33	0,29
3,33	0,39	0,26	0,20	0,18
5,00	0,27	0,17	0,16	0,12

**Ví dụ II - 7 :** Nền đất gồm hai lớp : lớp trên là cát dày 2m, lớp dưới là bùn. Hãy xác định xem ứng suất nén ép trên mặt tiếp xúc giữa cát và bùn có vượt quá áp lực cho phép đối với bùn là  $1 \text{ kG/cm}^2$  hay không, nếu trên mặt lớp đất cát tác dụng tải trọng hình băng với  $b = 2\text{m}$  và cường độ phân bố đều  $P = 2\text{kG/cm}^2$ , cho biết  $E_1 = 150 \text{ kG/cm}^2$ ,  $E_2 = 30 \text{ kG/cm}^2$ ,  $\mu_1 = \mu_2 = 0,2$ .

Giải : Trước hết xác định hệ số  $\nu$  :

$$\nu = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{1 - \mu_2^2}{1 - \mu_1^2} = \frac{150}{30} = 5$$

Chiều sâu tương đối :  $\frac{2h}{b} = \frac{4}{2} = 2$ ; Tra theo bảng (II - 16) ta có  $K_e = 0,41$

Do đó :  $\sigma_{z=h} = 0,41 \cdot P = 0,41 \cdot 2 = 0,82 \text{ kG/cm}^2$

Do đó : ứng suất  $\sigma_z$  tại mặt tiếp xúc giữa hai lớp đất không vượt quá áp lực cho phép đối với đất bùn ( $1\text{kG/cm}^2$ ).

#### §4. PHÂN BỐ ỨNG SUẤT TIẾP XÚC DƯỚI ĐÁY MÓNG.

Trong các phần trên chúng ta chỉ mới nghiên cứu bài toán phân bố ứng suất trong đất nền, dưới tác dụng của tải trọng ngoài khác nhau mà ta chưa xét đến vấn đề tải trọng đó đặt trên đất như thế nào. Nhìn chung, trừ các công trình xây dựng bằng đất đắp như đê, đập, nền đường, v.v..., tải trọng bên ngoài không trực tiếp tác dụng lên nền, mà được truyền cho đất thông qua móng. Áp lực do toàn bộ tải trọng của công trình (bao gồm cả trọng lượng bản thân móng) thông qua đáy móng mà truyền tới đất nền như thế gọi là **áp lực đáy móng**. Áp lực này tác dụng trực tiếp trên mặt tiếp xúc giữa đáy móng và nền đất nên người ta còn gọi là **áp lực tiếp xúc**. Muốn xác định được tình hình phân bố ứng suất trong nền đất thì trước hết phải biết được tình hình phân bố áp lực dưới đáy móng như thế nào.