Subject: بارگذاری Date.

بار مرده (Dead load):

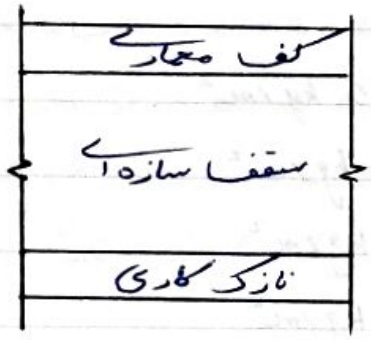
بار مرده عبارتست از وزن اجزای دائمی ساختمان مانند تیر، ستون، دیوار، کف، بام، سقف، راه پله، نازک کاری و...

به عبارتی دیگر "باری که مقدار و محل آن ثابت است"

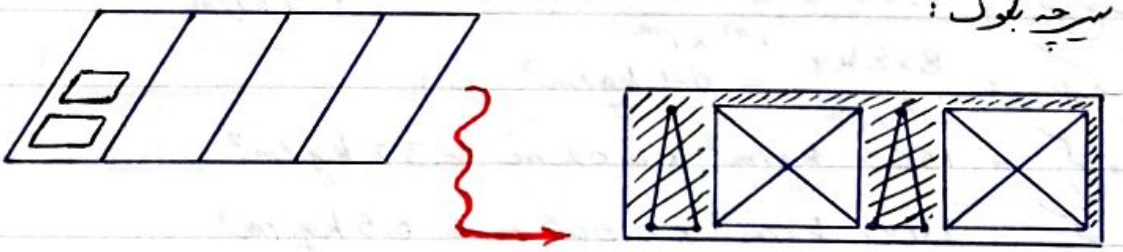
بار سقف:

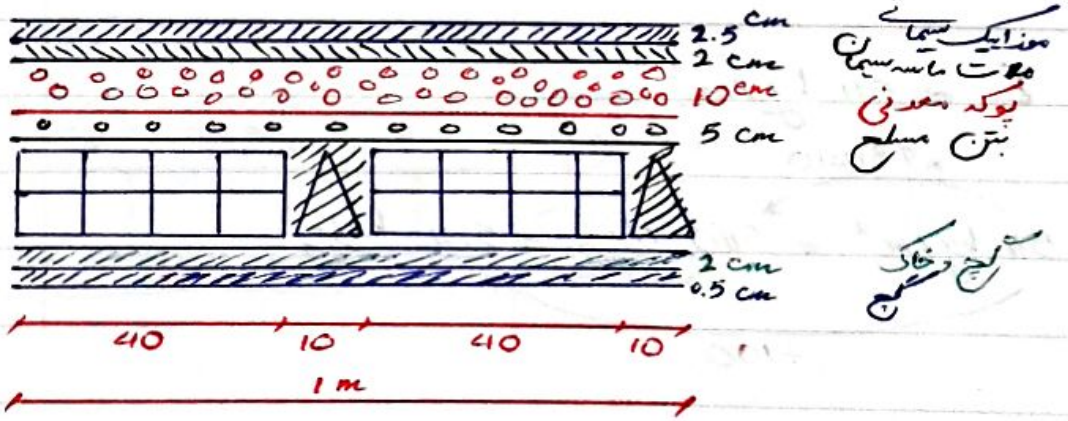
انواع سقف های سازه ای:

1. سقف تیرچه بلوک
2. سقف کامپوزیت (ترکیبی از بتن و فولاد)
3. سقف عرشه فولادی
4. سقف دال بتن مسلح
5. سقف طاق ضربی

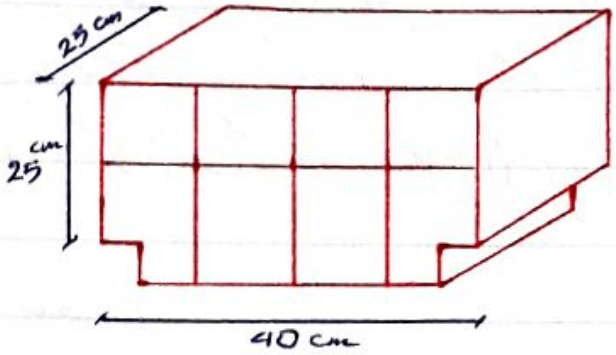


سقف تیرچه بلوک:





Subject: Date.



بلوک سفالی (8 kg)

وزن مخصوص:

موزاییک سیمانی $= 2250\ kg/m^3 \times 0.025\ m = 56.25\ kg/m^2$

ملات ماسه سیمان $= 2100\ kg/m^3 \times 0.02\ m = 42\ kg/m^2$

بلوک سفالی $= 600\ kg/m^3 \times 0.1\ m = 60\ kg/m^2$

بتن مسلح روی تیرچه بلوک $= 2500\ kg/m^3 \times 0.05\ m = 125\ kg/m^2$

بتن بین تیرچه ها $= \frac{2500\ kg/m^3 \times (0.1^m \times 0.25^m \times 1^m)}{1^m \times 1^m} = 125\ kg/m^2$

بلوک سفالی $= \frac{8 \times 8\ kg}{1^m \times 1^m} = 64\ kg/m^2$

گچ و خاک $= 1600\ kg/m^3 \times 0.02\ m = 32\ kg/m^2$

گچ $= 1300\ kg/m^3 \times 0.005\ m = 6.5\ kg/m^2$

$\Sigma \simeq 511\ kg/m^2$

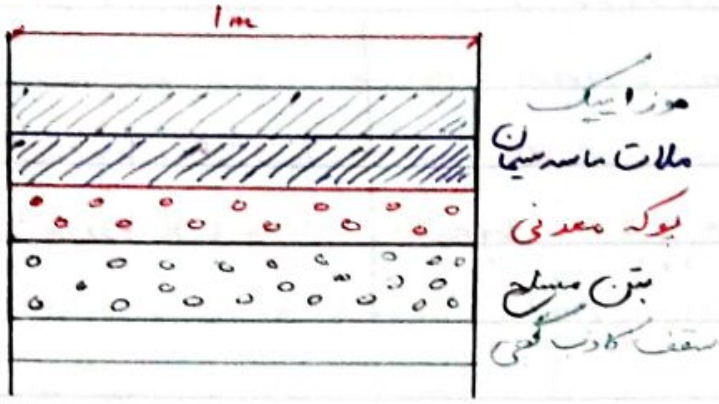
$\times 9.81 \simeq 10$

☑ $511\ kg/m^2 = 5110\ N/m^2 = 5.11\ kN/m^2$

$\div 100$

Subject: Date.

دال بتن مسلح :



موزاییک = 0.025 x 2250

ملات ماسه سیمان = 0.02 x 2100

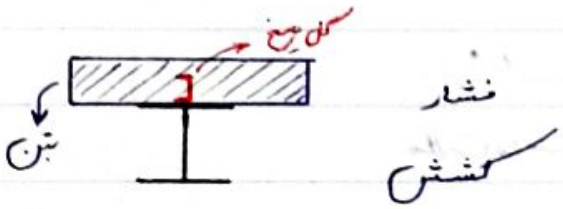
پوکه معدنی = 0.1 x 600

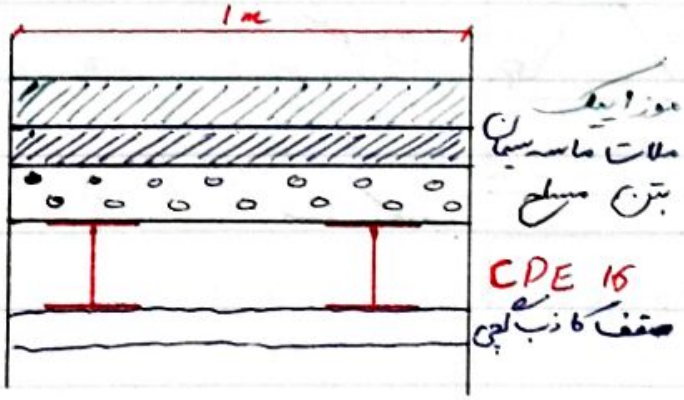
بتن مسلح = 0.15 x 2500

سقف کاذب گچی = 50 kg/m²

$\Sigma = 583\ kg/m^2 = 5.83\ kN/m^2$

سقف کامپوزیت : ترکیب فولاد و بتن





Subject: Date.

موزاییک = 0.025×2250

ملات ماسه سیمان = 0.02×2100

بتن مسلح = 0.08×2500

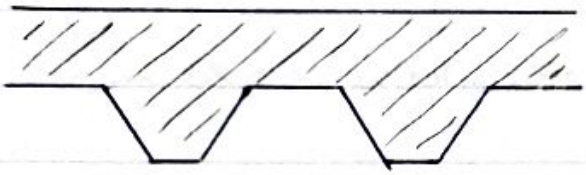
$2 \times CPE\,16 = \frac{2 \times 15.8 \times 1}{1 \times 1}$ kg/m²

سقف کاذب گچی = 50 kg/m²

$\Sigma = 380$ kg/m²

$= 3.8$ kN/m²

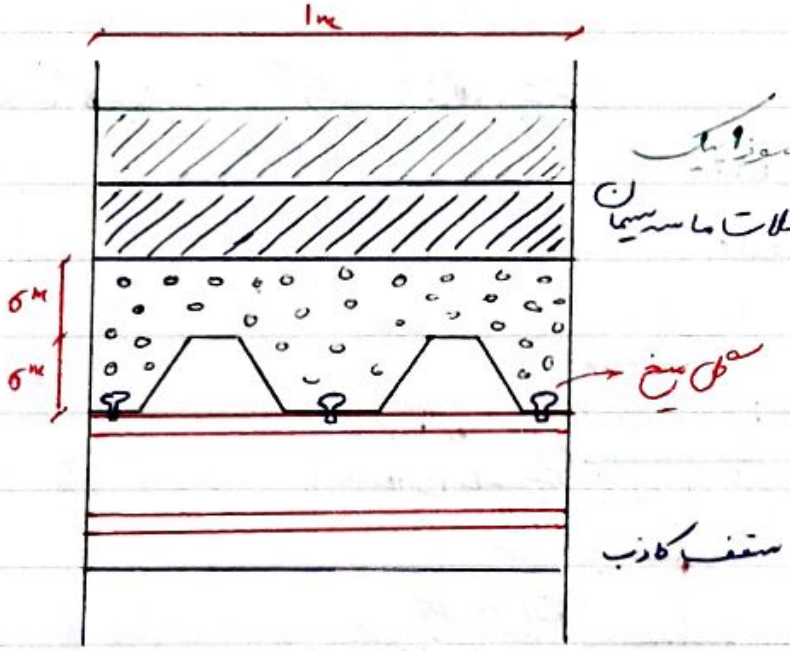
سقف عرشه فولادی (Metal Deck):



فشار

کشش

☑ موج دار شدن ⇐ افزایش ممان اینرسی



Subject: Date.

موزاییک = 0.025 × 2250

ملات ماسه سیمان = 0.02 × 2100

بتن مسلح رو ورق = 0.06 × 2500

بتن مسلح بین ورق ها = $\frac{0.06}{2}$ × 2500

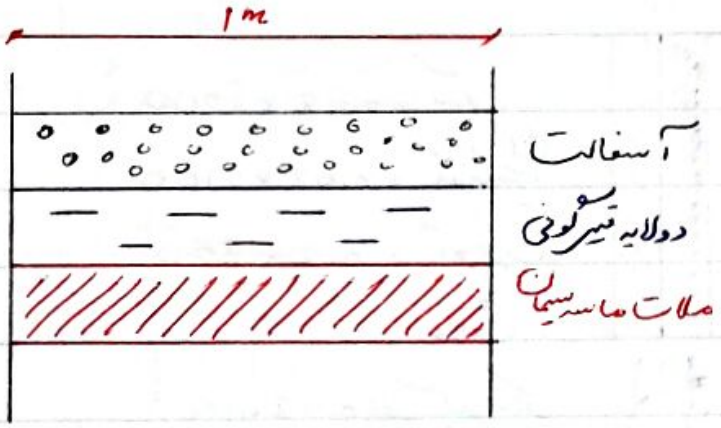
ورق گالوانیزه = 9 kg/m²

سقف کاذب گچی = 50 kg/m²

$\Sigma = 383 \text{ kg/m}^2 \simeq 3.8 \text{ kN/m}^2$

☑ وزن تیرهای فرعی با وزن اسکلت حساب می شود

بار بام :



آسفالت = 0.03 × 2200

دولایه تیرکولن = 15 kg/m²

$\Sigma = 81 \text{ kN/m}^2$

موزاییک کسر می شود = − 0.025 × 2250

25 kg/m²

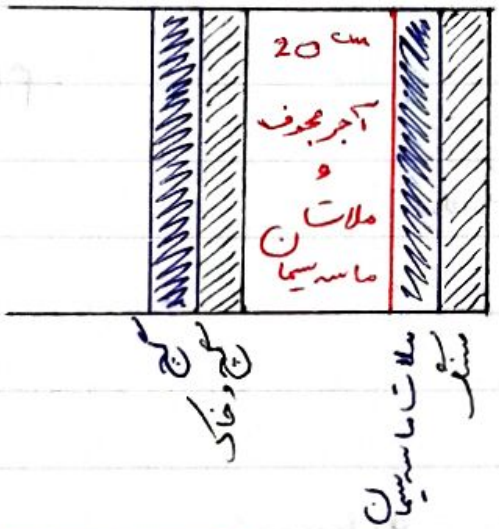
با اضافه کردن 25 الی 30 kg/m² به وزن طبقه، وزن بام به دست می آید.

Subject: Date.

دیوار:

- دیوار
  - دیوار خارجی
    - دیوار نما
    - دیوار غیرنما
  - دیوار داخلی
    - سنگین ← مرده ← $> 200 \frac{kg}{m^2}$
    - سبک ← زنده ← $< 200 \frac{kg}{m^2}$
    - پارتیشن، تیغه، دیوار جداکننده

دیوار خارجی نما:



سنگ = 0.02×2500

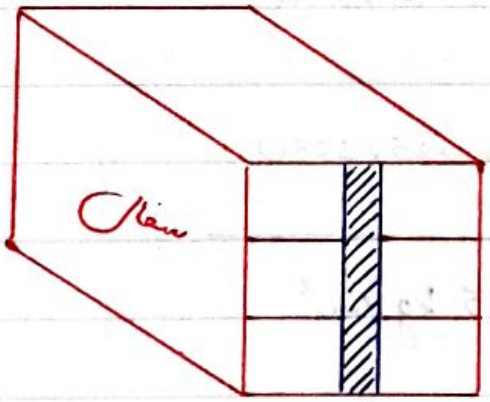
ملات ماسه سیمان = 0.02×2100

آجر مجوف + ملات = 0.2×850

گچ و خاک = 0.02×1600

گچ = 0.005×1300

$\Sigma = 300 kg/m^2 = 3 kN/m^2$



یونولیت ←

☑ برای حذف اثر بازشوها:

$300 \times 3 \times (1 - 0.3) = 630 kg/m$

↓ ارتفاع ↓ اثر بازشوها

بار متر طول دیوار خارجی نما

Subject: Date.

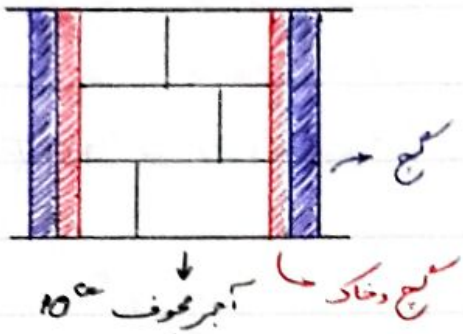
دیوار خارجی غیربنا :

300 kg/m²

-50 kg/m² ناسازی حذف می شود

250 kg/m² ⟵ 250 × 3 = 750 kg/m

دیوار داخلی :



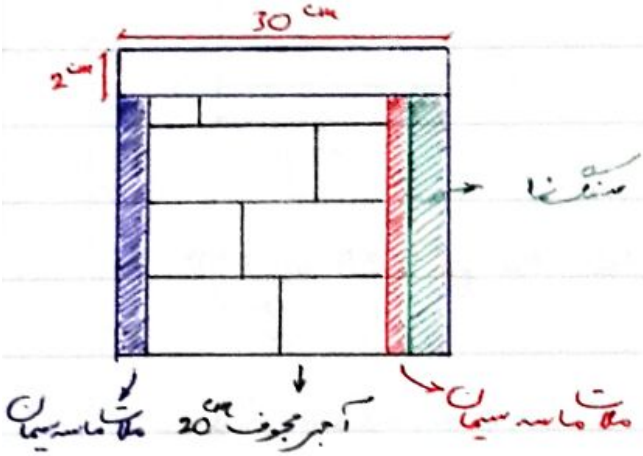
آجر مجوف با ملات : 0.1 × 850

گچ وخاک : 2 × 0.2 × 1500

گچ : 2 × 0.005 × 1200

Σ = 162 kg/m²

دیوار لبه پناه :



سنگ نما : 0.02 × 2500 × 1

ملات : 0.02 × 2100 × 1

آجر مجوف : 0.2 × 850 × 1

سیمانکاری : 0.02 × 2100 × 1

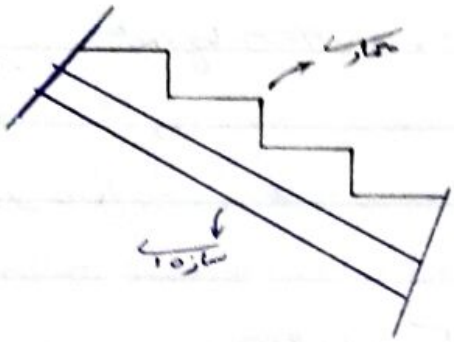
سنگ دپوتن : 0.02 × 0.3 × 2500

Σ = 319 kg/m

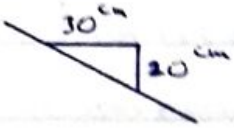
Subject: Date.

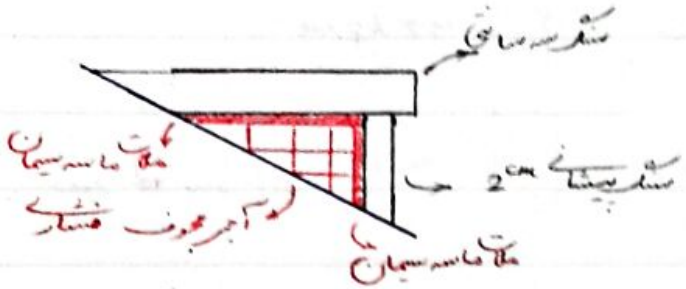
بار پله :

۱) پله معمار ۲) پله سازه



پله معمار :





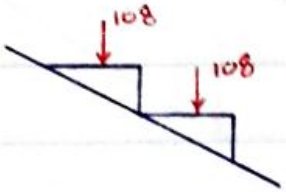
سنگ پله : $0.3 \times 0.03 \times 2400$

سنگ پشتی : $0.2 \times 0.02 \times 2400$

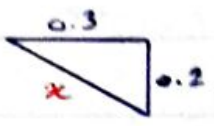
ملات ماسه سیمان : $0.02 \times (0.3+0.2) \times 2100$

آجر نسوز، ملات : $\frac{0.3 \times 0.2}{2} \times 1850$

$\Sigma = 108 \text{ kg/m}$



$\Rightarrow$

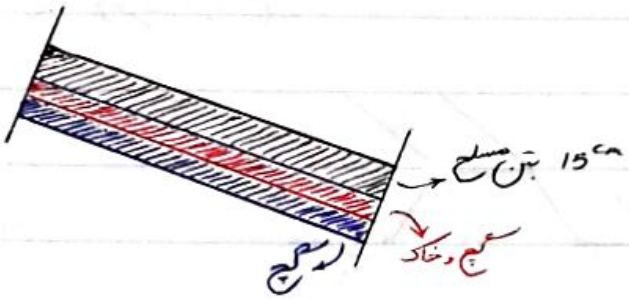


$x = \sqrt{0.2^2 + 0.3^2} = 0.3605^{m}$

$\frac{108 \text{ kg/m}}{0.3605 \text{ m}} = 300 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow$

Subject: Date.

پله سازه ای بتنی :

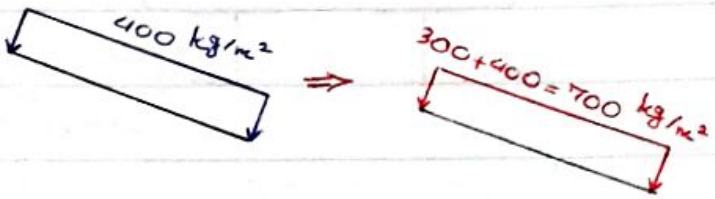


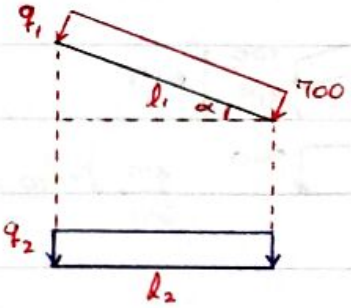
بتن مسلح : 0.15×2500

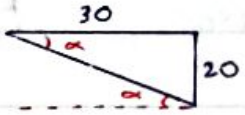
گچ و خاک : 0.02×1600

گچ : 0.005×1300

$\Sigma = 400 \ kg/m^2$







$\cos\alpha = \frac{0.3}{0.3605} \simeq 0.83$

$q_1 l_1 = q_2 l_2$

$q_2 = q_1 \times \frac{l_1}{l_2} = \frac{q_1}{\frac{l_2}{l_1}} \Rightarrow q_2 = \frac{q_1}{\cos\alpha}$

$\cos\alpha$

$\frac{700}{\cos\alpha} = 850 \ kg/m^2$ بار پله بتنی به صورت افقی

پاگرد پله بتنی :

سنگ : 0.02×2400

ملات ماسه سیمان : 0.02×2100

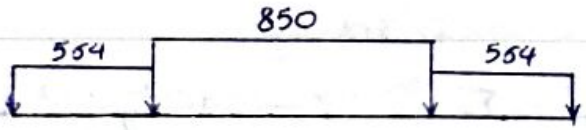
پوکه : 0.1×600

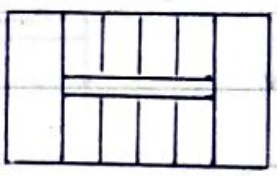
دال بتن مسلح : 0.15×2500

گچ و خاک : 0.02×1500

گچ : 0.005×1300

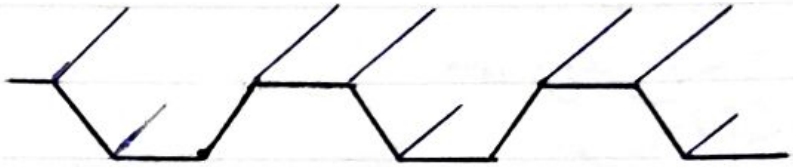
$\Sigma = 563.5 \simeq 564 \ kg/m^2$

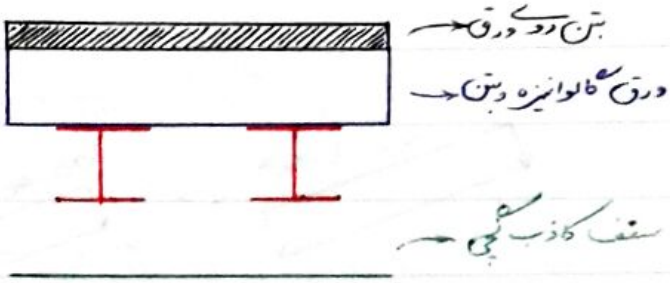




Subject: Date.

بار پله سازه ۲ (عرشه فولادی) :





بتن روی ورق : 0.06×2500

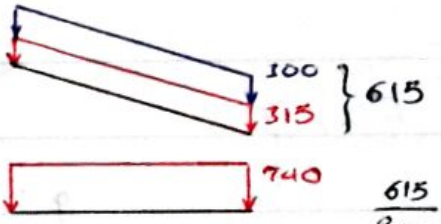
بتن داخل ورق : $\frac{0.06}{2} \times 2500$

ورق : 9 kg

$2 \times$ IPE180 : 2×18.8

سقف کاذب گچی : 50

$\Sigma = 312.6 \simeq 315 \ kg/m^2$



$\frac{615}{\cos\alpha} = 740 \ kg/m^2$

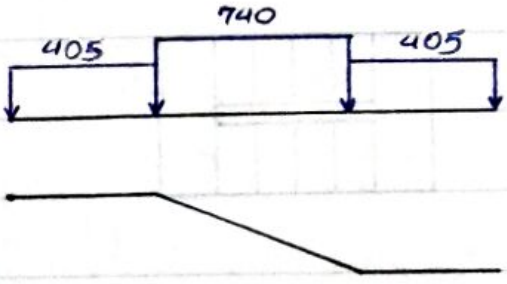
پاگرد عرشه فولادی :

سنگ کف : 0.02×2400

ملات ماسه سیمان : 0.02×2100

$+ \ 312.6$

$\Sigma = 403 \simeq 405 \ kg/m^2$



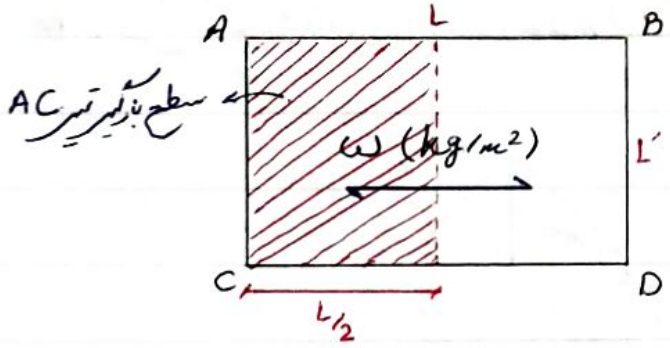
Subject: Date.

توزیع بار (سطح باربگیر، سهم باربگیر):

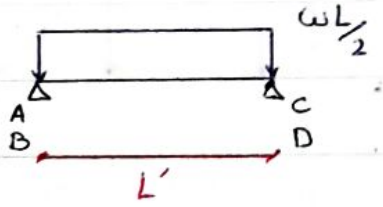
1. سقف های یک طرفه:

سقفی که بار را در یک راستا انتقال می دهد مانند تیرچه بلوک، کامپوزیت و طاق ضربی

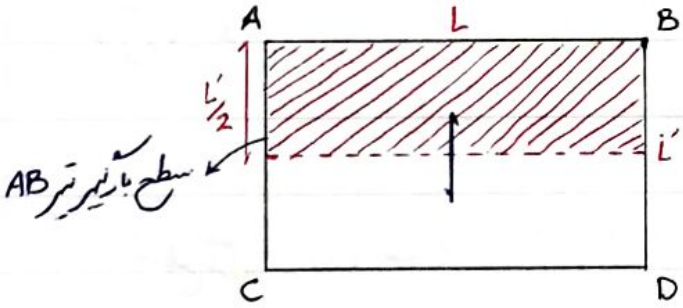
I)



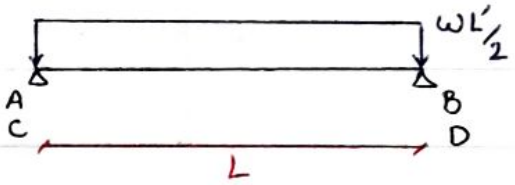
تحمل بار به عهده تیر AC و BD است

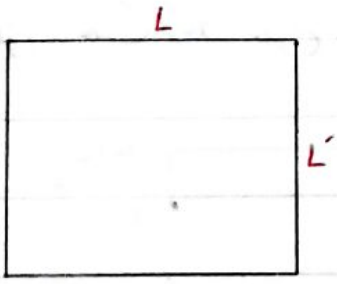


II)



تحمل بار به عهده تیر AB و CD است





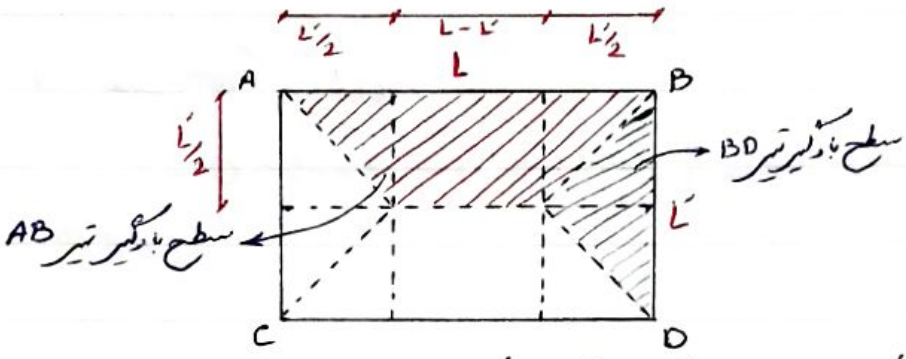
2. دال های بتن مسلح

2-1 : دال یک طرفه ← $L/L' > 2$

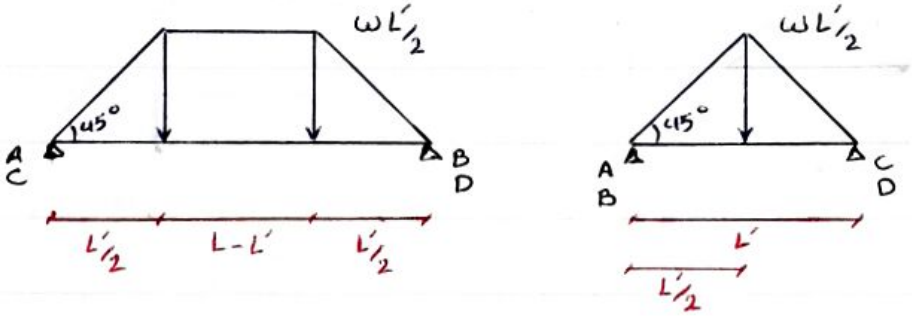
2-2 : دال دو طرفه ← $L/L' < 2$

Subject: Date.

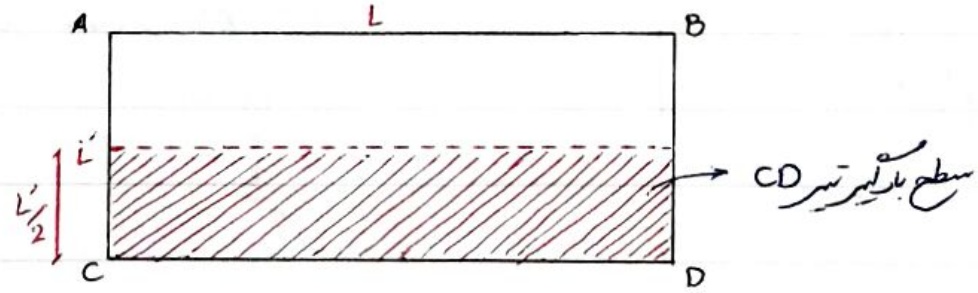
دال دو طرفه : سقفی است که بار را در دو راستای عمود برهم منتقل کند



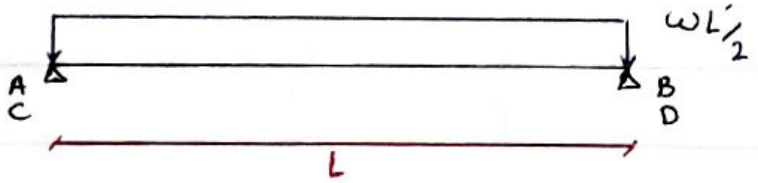
☑ به شرطی که تکیه گاه ها یکی باشند، خطوط گسیختگی به شکل بالا خواهد بود



دال یک طرفه :



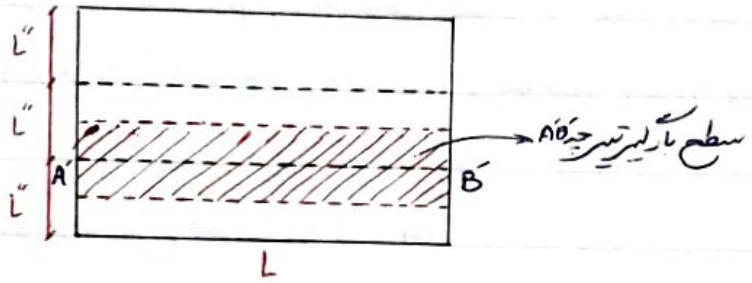
☑ نوارهای مثلثی به علت کوچک بودن صرفنظر می شوند



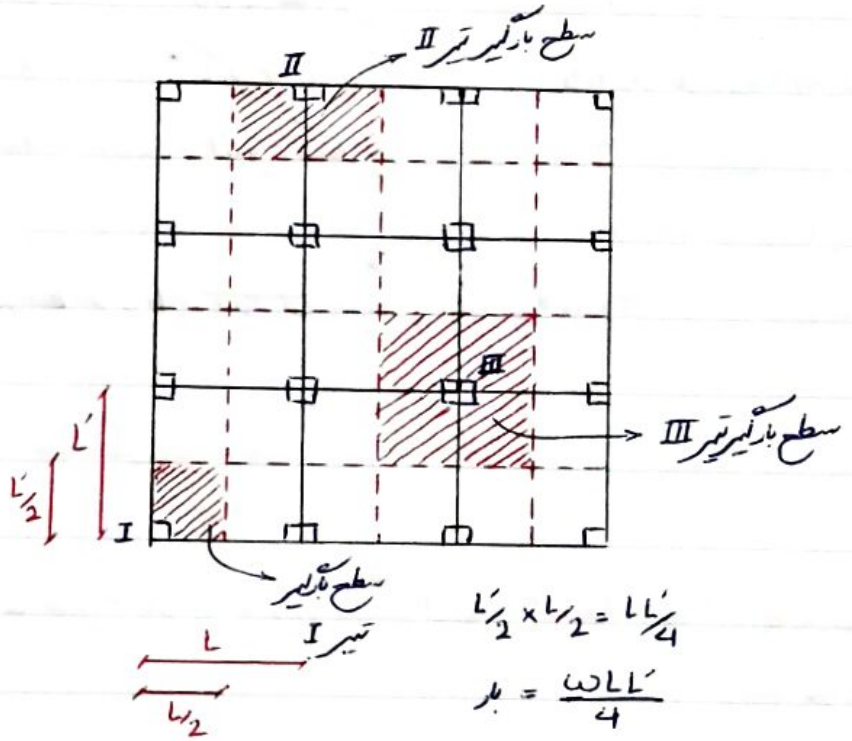
Subject:

Date.

سطح بارگیر تیرچه‌ها :



سطح بارگیر ستون :



$L'/2 \times L/2 = LL'/4$

بار $= \frac{\omega LL'}{4}$

Subject: Date.

بار زنده (Live Load)

باری که مقدار و محل آن متغیر باشد را بار زنده می گویند.

(بار غیر دائمی که در حین استفاده از ساختمان به آن وارد می شود)

☑ استفاده از جدول صفحات 37 - 41

ردیف	کاربری	kN/m^2	kN
1-1	بام تخت	1.5	1.3
2-9	پایانه مسافری	6	—
3-6	* بالکن	1.5 برابر بار زنده اتاق متصل به آن و ≥ 5	—
4-1	اتاق مسکونی	2	—

ضوابط مربوط به دیوارهای تقسیم کننده (صفحه 29)

دیوار جداکننده = تیغه = پارتیشن

- وزن متر مربع دیوار تقسیم کننده $< 0.4\ kN/m^2$ ⇐ بار زنده
  ⇐ حداقل بار معادل تیغه بندی = 0.5
- $0.4 <$ وزن متر مربع دیوار تقسیم کننده $\leq 2\ kN/m^2$ ⇐ بار زنده
  ⇐ حداقل بار معادل تیغه بندی = 1
- وزن متر مربع دیوار تقسیم کننده $> 2\ kN/m^2$ ⇐ بار مرده
  ⇐ در محل خودش اعمال می شود

Subject: Date.

بار معادل تیغه بندی = (وزن متر مربع دیوار × طول دیوار × ارتفاع دیوار) / مساحت کف

☑ اگر $LL > 4\ kN/m^2$ باشد از بار معادل تیغه بندی صرفنظر می شود

☑ در ETABS

LPART → در زمان طراحی → جزو بار های زنده لحاظ شود

→ جزو بار های مرده لحاظ شود → وزن موثر لرزه ای

Mass Source ⇒ LPART : 1

مثال: در یک ساختمان مسکونی با مساحت کف برابر $70\ m^2$ اگر وزن یک متر مربع دیوارهای تقسیم کننده $1.62\ kN/m^2$ باشد و طول کل دیوار ها 12 m و ارتفاع آنها 2.7 m باشد، بار معادل دیوار های تقسیم کننده چقدر است؟

بار معادل = $\frac{1.62 \times 12 \times 2.7}{70} = 0.75 < 1$ ⇒ بار معادل تیغه بندی = $1\ kN/m^2$

نامناسب ترین وضع بارگذاری:

- در تیرهای یک سر وقاب های معین
- $1.5 \times DL < LL$ ، $4\ kN/m^2 < LL$

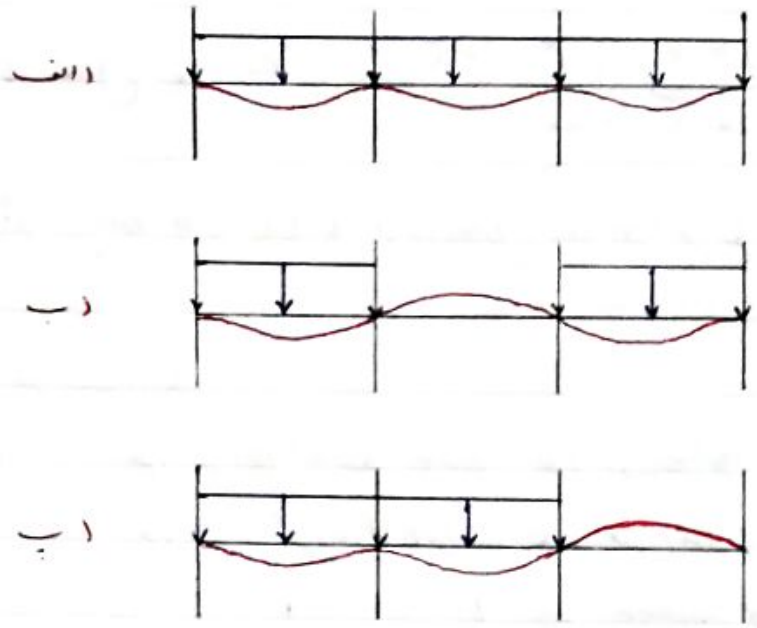
به صورت زیر نامناسب ترین وضع بارگذاری لحاظ می شود:

الف) بار زنده در تمام دهانه ها

ب) بار زنده در دهانه های یک در میان

پ) بار زنده در دو دهانه مجاور

Subject: Date.



کاهش بار زنده

کاهش دو بارهای زنده یکنواخت (کاهش سربار):

- به جز سقف های مسطح
- $K_{LL}A_T \geq 37\,m^2$ } بار زنده را می توان کاهش داد
- در زمان طراحی

$$L = L_0\left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL}A_T}}\right) = L_0\,\alpha$$

بار زنده کاهش یافته ← L

L_0 ← بار زنده کاهش نیافته

α ← ضریب کاهنده

K_{LL} : ضریبی که از جدول صفحه 42 به دست می آید

A_T : سطح بارگیر عضو (m^2)

Subject:

Date.

$L_0 \alpha \Rightarrow \begin{cases} \alpha \geq 0.5 L_0 & \text{عضو بار یک طبقه را تحمل می‌کند} \\ \alpha \geq 0.4 L_0 & \text{عضو بار دو طبقه و بیشتر را تحمل می‌کند} \end{cases}$

کف‌های ممنوعه:

- بارهای زنده سنگین: بارهای زنده بیش از $5\ kN/m^2$ کاهش می‌یابند

استثناء: اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند می‌توان 20% کاهش داد

- پارکینگ سواری: بار زنده پارکینگ کاهش می‌یابد

استثناء: عضوی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل کند می‌توان 20% کاهش دار

- محل اجتماع و ازدحام

مثال: بعد از کاهش بار زنده مقدار کل بار زنده گسترده (بدون احتساب بار زنده معادل تیغه بندی) وارد بر یک تیر داخلی کف مربوط به دفاتر کار معمولی اداری که دارای سطح باربگیر $59\ m^2$ است به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

1. 90 kN
2. 100 kN ✓
3. 120 kN
4. 150 kN

دفاتر کار معمولی ← $5\ kN/m^2 > L_0 = 2.5\ kN/m^2$ ← جزو سقف ممنوعه نیست

$A_T = 59\ m^2$

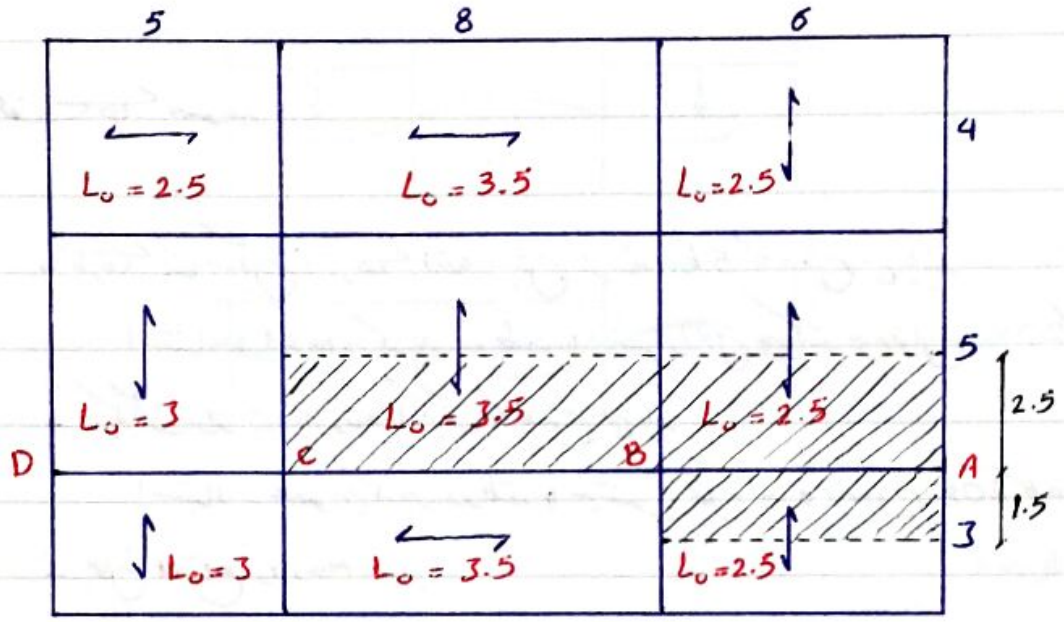
$K_{LL} = 2$

$$L = L_0 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}}\right) = 2.5 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{2 \times 59}}\right) = 1.67\ kN/m^2$$

$1.67 > 0.5 L_0$ ← برقرار است $\Rightarrow 1.67 \times 59 = 98 \simeq 100\ kN/m^2$

Subject: Date.

مثال: در پلان تیرریزی نشان داده شده مقدار بار زنده کاهش یافته بر روی تیرهای AB , BC , CD برحسب KN/m^2 چقدر است؟



بارزنده کاهش یافته : $L = L_o \alpha$, $\alpha = 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}}$

تیرهای => $K_{LL} = 2.5$

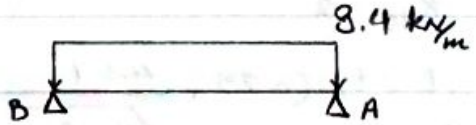
تیر AB :

$A_T = (2.5+1.5) \times 6 = 24\ m^2$

$K_{LL} A_T = 2.5 \times 24 = 60 > 37\ m^2$ ✓

$L = 2.5 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{60}}\right) \Rightarrow L = 2.1\ \ KN/m^2$

$\Rightarrow q = 2.1 \times 4 = 8.4 KN/m$



Subject: Date.

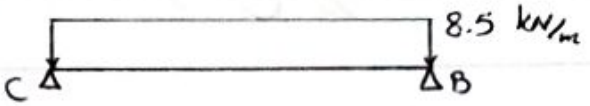
تیر BC :

$A_T = 2.5 \times 8 = 20\ m^2$

$K_{LL} A_T = 2 \times 20 = 40 > 37\ m^2$ ✓

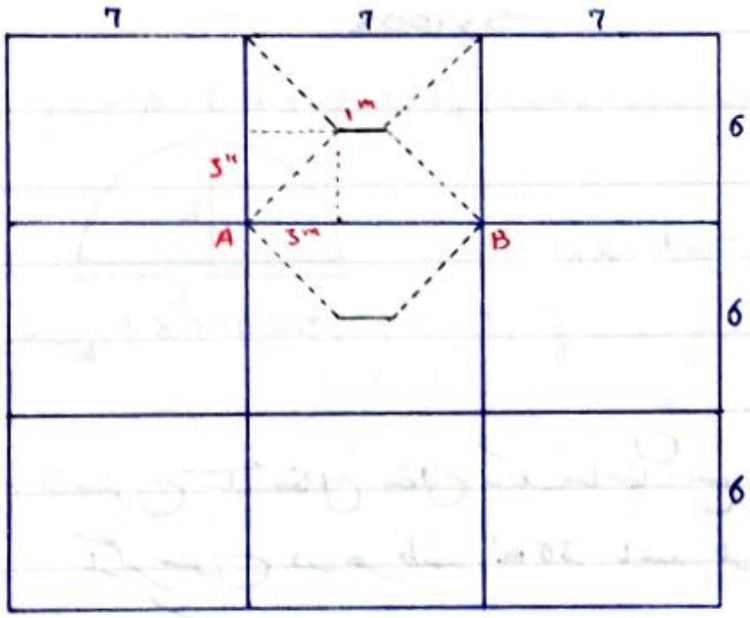
$L = 3.5(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{40}}) \Rightarrow L = 3.4\ kN/m^2$

$\Rightarrow q = 3.4 \times 2.5 = 8.5\ kN/m$



تیر CD : همانند تیر AB

مثال : در سقف دال بتن مسلح شکل داده شده اگر بار زنده طبقات $2\ kN/m^2$ باشد درصد کاهش بار زنده و مقدار بار زنده طراحی تیر برحسب kN چقدر است؟ (برای تیر AB)



یک دال

$K_{LL} = 2$ $\quad A_T = \frac{7+1}{2} \times 3 = 12\ m^2$

$L = 2(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{2 \times (2 \times 12)}}) = 1.82\ kN/m^2$

کاهش $= 1 - 0.91 = 0.09 = 9\%$ کاهش

$PL = 1.82 \times 24 = 43.66\ kN$

Subject: Date.

کاهش بار زنده بام

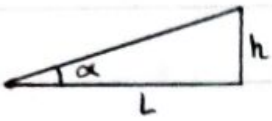
بار زنده کاهش یافته بام = $L_0 R_1 R_2$

ضریب شیب ما ضریب سطح بارگیر

$0.6\ kN/m^2 < L_r < 1.5\ kN/m^2$

$$R_1 \begin{cases} 1 & A_T < 18\ m^2 \\ 1.2 - 0.0111 A_T & 18 < A_T < 54 \\ 0.6 & A_T > 54\ m^2 \end{cases}$$

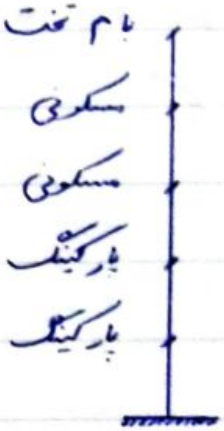
$$R_2 \begin{cases} 1 & S < 33\% \\ 1.2 - 0.006 S & 33\% < S < 100\% \\ 0.6 & S > 100\% \end{cases}$$



$S = \tan\alpha \times 100$

$S = 200.6\ h/L$

مثال: ستون میانی مقابل منفرد یک ساختمان پنج طبقه مسکونی است. اگر سطح بارگیر ستون در هر طبقه $36\ m^2$ باشد بار زنده طراحی ستون مذکور را پیدا کنید.



بام $L_0 = 1.5\ kN/m^2$

مسکونی $L_0 = 2\ kN/m^2$

پارکینگ $L_0 = 5\ kN/m^2$

Subject: Date.

بام تخت :

$L_r = 1.5\, R_1 R_2$

$R_2 = 1$ بام تخت

$A_T = 36\ m^2 \rightarrow R_1 = 1.2 - 0.0111 \times 36 = 0.8$

$L_r = 1.5\,(1)(0.8) = 1.2\ kN/m^2$

مسکونی : ستون میانی ، جدول صفحه 42 $\Leftarrow K_{LL} = 4$

$A_T = 2 \times 36 = 72\ m^2$

$L = 2\left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{4 \times 72}}\right) = 1.04 > 0.4\, L_o$ ✓

بار گنبک :

بار گنبک کاهش یافته $= L_o\,(1 - 0.2) = 5(0.8) = 4\ kN/m^2$

طراحی ستون دو کشاورزی $PL = (1.2 \times 36) + (1.04 \times 72) + (4 \times 72) = 406\ kN$

بار برف (P_f) (Snow load) :

بار برف متناظر بام $P_f = 0.7\, C_s C_t C_e I_s P_g \rightarrow$ بار برف زمین

ضریب اهمیت برف
ضریب برف گیری
ضریب شیب
ضریب شرایط دمایی

P_g :

منطقه (1) ← برف نادر $0.25\ kN/m^2$

منطقه (2) ← برف کم $0.5\ kN/m^2$

منطقه (3) ← برف متوسط $1\ kN/m^2$

منطقه (4) ← برف زیاد $1.5\ kN/m^2$

منطقه (5) ← برف سنگین $2\ kN/m^2$

منطقه (6) ← برف فوق سنگین $3\ kN/m^2$

Subject: Date.

I_s : ضمیمه ۹، ۱۵ حفظ شود (کاربردی)

1) • وقفه موجب افزایش تلفات
   • مواد سمی مضر
2) • محل تجمع و ازدحام (بیش از 300 نفر زیر یک سقف)
   • ثروت ملی
   • ساختمان صنعتی به جز دسته ۱ـ آتش سوزی و تخریب محیط زیست
3) • حقل ـ معمولی ـ پارکینگ ـ مسکونی ـ تجاری ـ اداری و...
4) • تلفات جانی ندارند ـ مراکز اداری، انبار گندم، ساختمان های موقت

C_e : ضریب برف گیری

1) اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف
2) اثر برف گیری

جدول برف گیری ساختمان (صفحه 51)

← باد برف پذیر
← باد برف گیر
← باد نیمه برف گیر

خطر پذیری	I_s برف	I_w باد	I_e زلزله
1	1.2	1.25	1.4
2	1.1	1.15	1.2
3	1	1	1
4	0.8	0.8	0.8

Subject: Date.

- شرایط برف ریز:

1. بام بالاتر از محیط اطراف می باشد و محافظی از اطراف وجود ندارد
2. واحدهای تأسیساتی بزرگ روی بام نباشد
3. ارتفاع دست انداز بام کمتر از h_b باشد. $h_b = P_f/\gamma$

$\gamma = 0.43 P_g + 2.2$

↳ وزن مخصوص برف (kN/m^3)

4. موانع اطراف دورتر از $10h_b$ باشد که h_b فاصله قائم از روی مانع بالاتر تا روی بام مورد نظر است.

- شرایط برف گیر:

از تمام موانع اطراف و از تمام جوانب پایین تر است

- بام نیمه برف گیر:

بامی که نه برف گیر باشد نه برف ریز

- ناهمواری زیاد

محیط شهری، حومه شهری، باغ و جنگل، سایر محیط‌ها با ناهمواری متعدد و متراکم با ارتفاع 9^m و بیشتر

- ناهمواری متوسط

محیط با موانع پراکنده با ارتفاع عموماً کمتر از 9^m

- ناهمواری کم

محیط بدون موانع از قبیل دریا، دریاچه، باتلاق، نمکزار

Subject:

Date.

برف‌گیری / ناهمواری	برف ریز	نیمه‌برف‌گیر	برف‌گیر
زیاد	0.9	1	1.2
متوسط	0.9	1	1.1
کم	0.8	0.9	1

ضریب شیب C_t

- α_0 تابع
  - لغزندگی بام
    - بام غیرلغزنده یا با مانع
      - $\alpha_0 = 30^\circ$ ← $C_t = 1$
      - $\alpha_0 = 45^\circ$ ← $C_t \geq 1.1$
    - بام لغزنده و بدون مانع
      - $\alpha_0 = 5^\circ$ ← $C_t = 1$
      - $\alpha_0 = 10^\circ$ ← $C_t = 1.1$
      - $\alpha_0 = 15^\circ$ ← $C_t \geq 1.2$
  - شرایط دمایی

$\alpha \leq \alpha_0$	$C_s = 1$
$\alpha_0 < \alpha < 70^\circ$	$C_s = 1 - \frac{\alpha - \alpha_0}{70 - \alpha_0}$
$\alpha_0 \geq 70^\circ$	$C_s = 0$

- بام لغزنده :
  - پوشش های فلزی، شیشه ای، لاستیکی، پلاستیکی، غیر اندود با سطوح صاف و هموار جزو بام های لغزنده اند
  - عشاء های دارای سطوح عاج دار را نمی توان صاف دانست
  - ورق های پوشش آسفالتی و چوبی لغزنده محسوب نمی شوند

Subject: Date.

ضریب شرایط دمایی:

	C_t
دمای محیط زیر صفر نگهداشته شود	1.3
بدون گرمایش - زیربام باز باشد	1.2
دمای محیط گهی بالاتر از صفر باشد	1.1
سایر موارد	1

مثال: ساختمانی مسکونی در شهر تربت جام قرار دارد. بام این ساختمان از تمام جوانب پایین تر از موانع متصل به آن یا موانع اطراف می باشد. سقف بام از جنس پوشش فلزی و بدون مانع با زاویه 30° می باشد. بار برف متوازن را حساب کنید.

$$P_r = 0.7 C_e C_t C_s I_s P_g$$

تربت جام → برف زیاد → 4 منطقه → $P_g = 1.5$

خطر پذیری زیاد → $I_s = 1$

شهری → ناهمواری زیاد، پایین تر از بقیه → برف گیر → $C_e = 1.2$

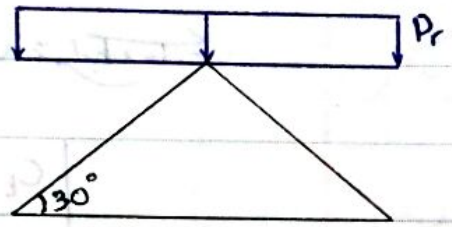
مسکونی → دمای خیلی بالاتر از صفر → $C_t = 1$

$\alpha = 30^\circ$ → بام لغزنده و بدون مانع، $C_t = 1$ → $\alpha_0 = 5^\circ$

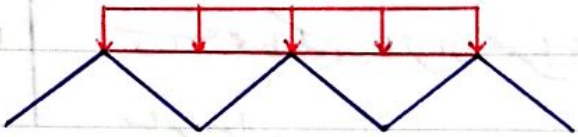
$5^\circ < \alpha < 70^\circ \rightarrow C_s = 1 - \frac{30-5}{70-5} \rightarrow C_s = 0.62$

$$P_r = 0.7(1.2)(1)(0.62)(1)(1.5) = 0.78 \ kN/m^2$$ بار برف متوازن

Subject: Date.

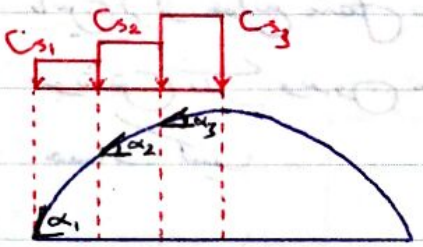


C_s برای بام های دندانه ای شیب دار:



$C_s = 1$

C_s برای بام های قوسی:



3 قسمت ← 3 تا α ← 3 تا C_s

☑ اگر $\alpha > 60°$ باید یک تقسیم بندی دیگر اضافه کرد یعنی 4 قسمت خواهیم داشت

☑ حداقل 3 قسمت بار برف باید داشته باشیم

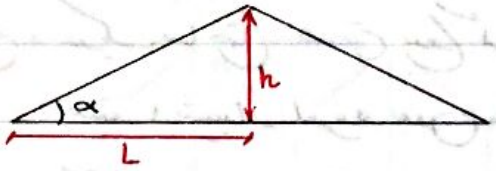
بار برف نامتوازن:

برف + باد ← برف به طور یکنواخت روی بام نمی ریزد

بار برف نامتوازن در بام های شیب دار دوطرفه و بیشتر ° صفحه 35

I) شیب > 4% ($\alpha < 2.3°$) یا شیب < 60% ($30.26 < \alpha$) ← بار برف نامتوازن لازم نیست

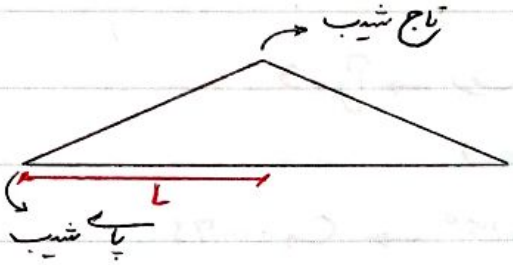
Subject: Date.



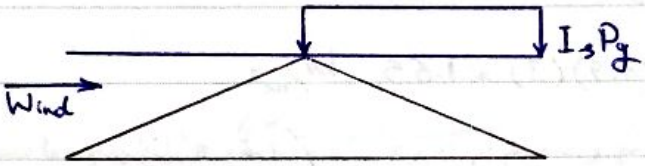
شیب = $\tan\alpha = h/L$

شیب % = $h/L \times 100$

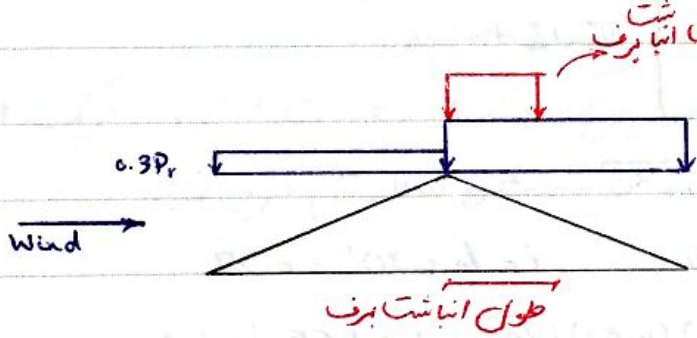
II) $4\% < \text{شیب} < 60\%$ یا $2.3^\circ < \alpha < 31^\circ$ و $L < 6^m$ ، اتصالات مفصلی باشد



در این حالت داریم:



III) $4\% < \text{شیب}(i) < 60\%$ یا $2.3^\circ < \alpha < 31^\circ$ و $L > 6^m$ ، اتصالات گیردار



$\gamma = 0.43 P_g + 2.2$

$h_d = 0.12 \sqrt[3]{L_u} \sqrt[4]{100 P_g + 50} - 0.5$

شدت بار برف $= \gamma h_d \sqrt{i}$

طول انباشت برف $= \dfrac{8 h_d}{3\sqrt{i}}$

Subject: Date.

مثال: نزدیک ساختمان صنعتی یونگ گرمایش در منطقه ای با برف فوق سنگین با سقف شیبدار لغزنده بدون مانع دو طرفه با زاویه 30° مفروض است. اگر طول دهانه 20^m باشد بار برف متوازن و نامتوازن وارد بر سقف این سالن را به دست آورید.

صنعتی $\rightarrow I_s = 1$ برف فوق سنگین $\rightarrow P_g = 3$

یونگ گرمایش $\rightarrow C_t = 1.2$ $C_e = 0.9$

$\alpha = 30^\circ \rightarrow$ بام لغزنده بدون مانع $C_t = 1.2$ $\alpha_s = 15^\circ \rightarrow C_s = 0.73$

$$P_r = 0.7(1)(1.2)(0.73)(0.9)(3) = 1.65 \ kN/m^2$$

بار برف متوازن

$\alpha = 30^\circ \rightarrow 2.3^\circ < \alpha < 31^\circ$

اتصالات گیردار

$L_u = 20/2 = 10^m$

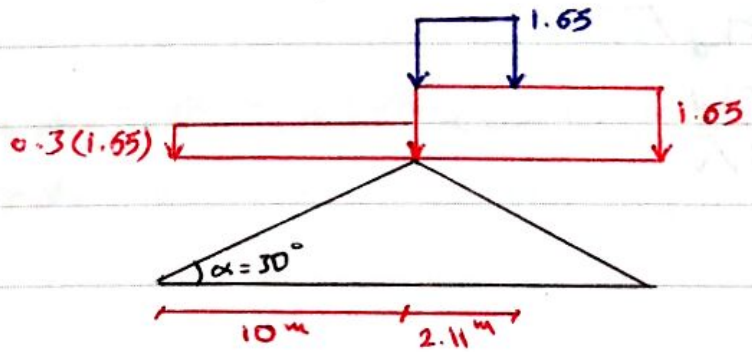
حالت III

$$h_d = 0.12 \sqrt[3]{10} \sqrt[4]{100(3)+50} - 0.5 = 0.61^m$$

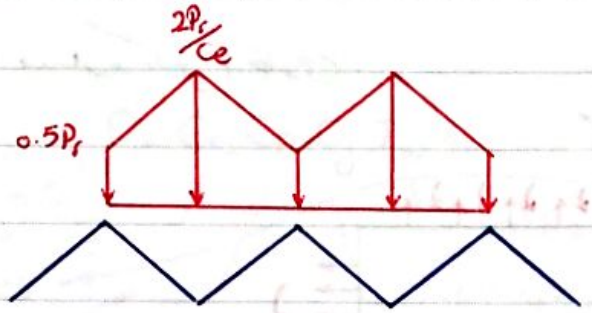
$$\gamma = 0.43(3) + 2.2 = 3.49 \qquad i = \tan 30^\circ = 0.57$$

$$\text{مقدار بار} = \gamma h_d \sqrt{i} = 3.49(0.61)(\sqrt{0.57}) = 1.65 \ kN/m^2$$

$$\text{طول انباشت} = \frac{8 \times 0.61}{3\sqrt{0.57}} = 2.11^m$$



Subject: Date.



بار برف نامتوازن برای بام های دندانه ای :

☑ در محاسبه P_f : $C_s=1$ فرض شود

بار باد (Wind Load) :

- براساس آیین کانادا (NBCC)
- بار باد ، بار جانبی است.

☑ برای باد و زلزله جداگانه سازه را تحلیل می کنیم و سپس نیروهای داخلی آنها را با هم مقایسه می کنیم

☑ در طراحی اعضای سازه اثر ناشی از بار باد و باد زلزله با هم جمع نمی شوند. کلیه اعضای سازه باید برای اثر هریک از این دو که بیشتر باشد طراحی شود

☑ برای تعیین اثر ناشی از باد ، باید فرض شود که باد به صورت افقی و در هریک از امتداد ترجیحاً در امتداد محورهای اصلی ساختمان و به طور غیرهمزمان اثر می نماید.

● روش های تحلیل نیروی باد :

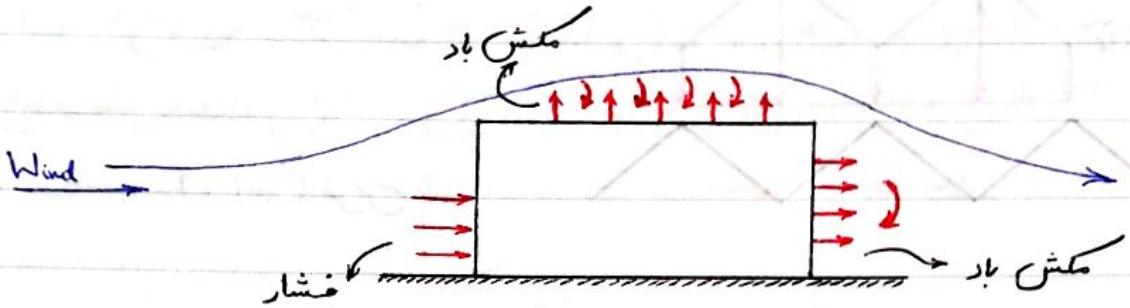
i) روش استاتیکی (متن مبحث 6)

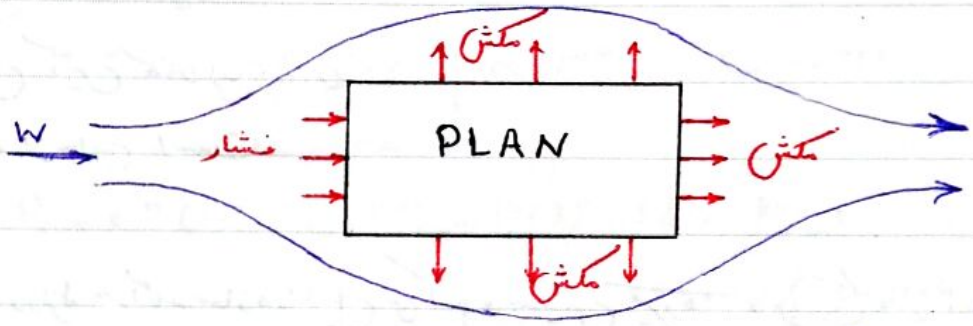
ii) روش دینامیکی (پیوست دوم مبحث 6)

iii) روش تجربی (تونل باد - برای سازه‌های خاص)

Subject: Date.

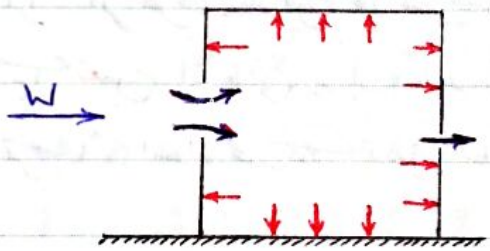
• فشار و مکش خارجی :





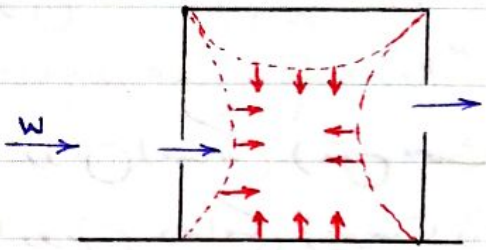
☑ فشار (+) و مکش (-) در نظر گرفته می شود.

• فشار و مکش خارجی :



فشار داخلی

ورودی W < خروجی W



مکش داخلی

ورودی W > خروجی W

Subject: Date.

■ رابطه فشار (مکش) خارجی :

$$P = C_e C_p C_g I_w q$$

- q : فشار مبنای باد
- I_w : ضریب اهمیت باد
- C_g : اثر جهتی باد
- C_p : ضریب بادگیری
- C_e : ضریب فشار

■ رابطه فشار (مکش) داخلی :

$$P_i = C_e C_{pi} C_{gi} I_w q$$

- C_{gi} : ضریب اثر جهتی باد
- C_{pi} : ضریب بادگیری
- C_e : ضریب فشار

- فشار مبنای باد (q) :

$$(kN/m^2)\, q = 0.0000613\, V^2$$

V : سرعت مبنای باد (km/h) ← صفحه 103 و 104

سرعت مبنای باد برابر است با سرعت متوسط ساعتی باد که احتمال تجاوز از این مقدار در سال 2% و یا دوره بازگشت 50 ساله می باشد

- ضریب اهمیت باد (I_w) :

صفحه 9 و 10 کتاب

گروه	I_w
1	1.25
2	1.25
3	1
4	0.8

Subject: Date.

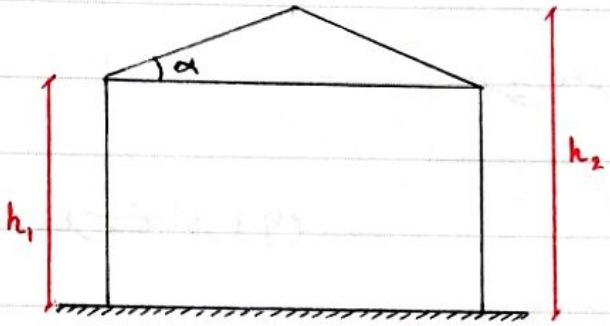
- ضریب بار گیری (C_e) :

ارتفاع مبنا :

I) ارتفاع مبنا برای محاسبه فشار خارجی

a) ساختمان های کوتاه مرتبه : « $H < 20^m$, $\frac{H}{D_s} < 1$ »

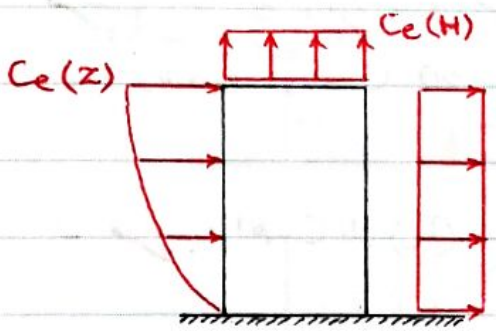
لی کسرین بعد



$\alpha < 7^\circ \rightarrow H = Max(6^m, h_1)$

$\alpha \geq 7^\circ \rightarrow H = Max(6^m, \frac{h_1+h_2}{2})$

b) ساختمان های بلند مرتبه « $H > 20^m$ یا $\frac{H}{D_s} > 1$ »



برای وجه رو به باد : ارتفاع واقعی آن نقطه تا سطح زمین

برای وجه پشت به باد : نصف ارتفاع ساختمان

برای بام و وجه کناری : ارتفاع ساختمان از سطح زمین

C) برای هر عضو سازه ای

ارتفاع آن نقطه تا سطح زمین

Subject: Date.

II) ارتفاع مبنا برای محاسبه فشار داخلی

h برابر نصف ارتفاع ساختمان

محاسبه C_e :

1) زمین باز : اطراف سواحل دریا ، دریاچه ، زمین با ساختمان و درختان پراکنده

$$C_e = Max\left(0.9, \left(\frac{h}{10}\right)^{0.2}\right) = C_{e0}$$

2) زمین پرتراکم : زمین های حومه شهری و شهری ، جنگل پرتراکم (جنگلی که تا شعاع $Max(1km, 20h)$ امتداد یابد)

$$C_e = Max\left(0.7, 0.7\left(\frac{h}{12}\right)^{0.3}\right) = C_{er}$$

تغییرات در نوع زمین :

اگر ناهمواری زمین (درختان یا ساختمان های اطراف) کمتر از $1\,km$ امتداد یابد و ساختمان کوتاه تر از $100\,m$ باشد ، C_e با استفاده از درون یابی بین زمین باز و پرتراکم به صورت زیر به دست می آید:

طول ناهمواری زمین در بالادست جریان باد : x_r

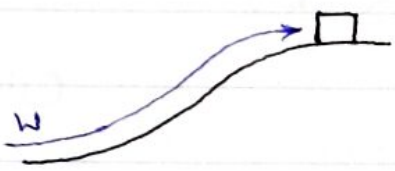
$$0.05\,km < x_r < 1\,km$$

$$\Rightarrow C_e = C_{er}\left[0.816 + 0.184 \log\left(\frac{10}{x_r - 0.05}\right)\right] \leq C_{e0}$$

$$\text{if } x_r < 0.05\,km \longrightarrow C_e = C_{e0}$$

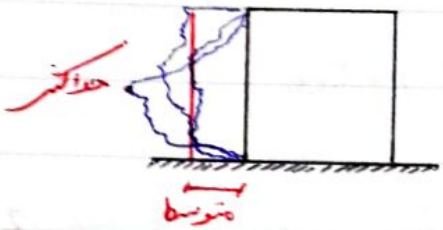
Subject: Date.

برای جای شکل : C_e^*



← در یک قسمت سرعت باد زیاد می شود

- ضریب اثر جهش باد (C_g) :



نسبت حداکثر بار باد به میانگین بار باد را ضریب اثر جهشی باد گویند

با اعمال ضریب C_g فشار متوسط q به فشار پیشینه تبدیل می گردد.

- برای کل سازه و اعضای ساختمان : $C_g = 2$
- برای فشار خارجی در اعضای الحاقی مانند نما و پوسته خارجی : $C_g = 2.5$

- برای کلیه حالات برای فشار داخلی : $C_{gi} = 2$
- برای سازه ها با فضای داخلی بزرگ : $C_{gi} = 1 + \frac{1}{\sqrt{1+\tau}}$

☑ فرمول محاسبه τ صفحه 82 آورده شده است.

$$\tau = \frac{V_0}{6950A}\left[1 + 1.42 \times 10^5 \frac{A_s}{V_0}\,\delta\right]$$

Subject: Date.

ضرایب فشار (C_p^*, C_{pi}, C_p):

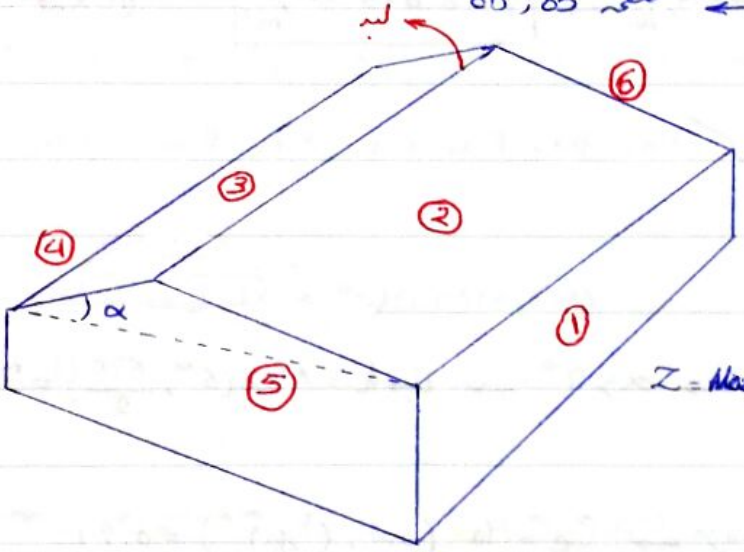
ضرایب فشار نسبت های بی بعد فشارهای ایجادشده توسط باد روی سطح ساختمان به فشار سرعتی باد در ارتفاع مبنا می باشد. این ضرایب تابع اثرات شکل ایرودینامیکی ساختمان، زاویه سطح بادخور به جهت جریان باد و تغییرات سرعت باد در ارتفاع می باشد

☑ جهت فشار مهم است: منفی: مکش مثبت: فشار

C_p برای ساختمان های کوتاه مرتبه:

ساختمان کوتاه مرتبه ← مبنا $h \leq 20^m$, $h/D_s < 1$

C_pC_g: برای کل سازه ← صفحه 86, 85

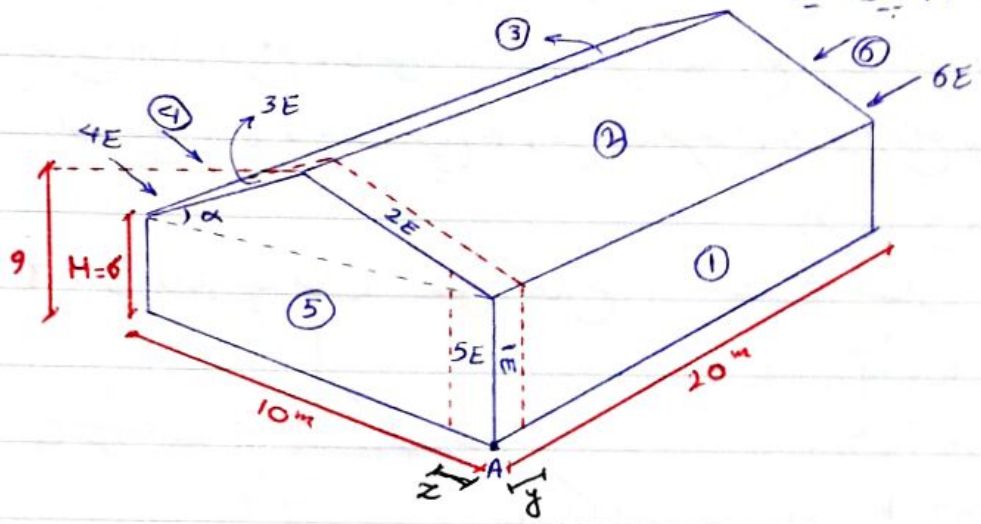


$y = Max(2z, 6^m)$

$z = Max(1^m, 0.04B, min(0.1B, 0.9H))$

Subject: Date.

مثال: سوله‌ی صنعتی در کنار سواحل خلیج فارس در حوالی بوشهر با مشخصات زیر مفروض است:
فشار خارجی باد وارد بر تمام سطوح در دو حالت باد عمود بر لبه و باد موازی با لبه را برای گوشه A پیدا کنید.



سوله صنعتی → $I_w = 1$

بوشهر → $V = 100\ km/h$ → $q = 0.613\ kN/m^2$ (صفحه 103)

$h < 20^m$ } کوتاه مرتبه
$h/D_s < 1$ }

$\alpha = \tan^{-1} 3/5 = 31° \rightarrow \alpha > 7° \rightarrow \min h = Max(6^m, \frac{6+9}{2}) = 7.5$

کنار ساحل → زمین باز → $C_e = Max(0.9, (h/10)^{0.2}) = 0.94$

→ $C_e = 0.94$

Subject: Date.

باد عمود بر لبه : صفحه 85

$\alpha = 31^\circ$

30° تا 45°	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
CpCg	1.05	1.3	0.4	0.5	-0.8	-1.0	-0.7	-0.9

$P_1 = \dots$

$P_{1E} = \dots$

$P_2 = \dots$

$P_{2E} = (0.94)(0.5)(0.613)(1.0)$

$\vdots$

$P_{4E} = \dots$

باد موازی با لبه : صفحه 86

30° تا 45°	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
CpCg	-0.85	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.85

$P_1 = (0.94)(-0.85)(1.0)(0.613)$

$\vdots$

$P_{6E} = \dots$

$z = Max(1^m, 0.4, min(1^m, 2.4)) = 1^m$

$y = Max(2z, 6) = Max(2, 6) = 6^m$

Subject: Date.

C_p برای ساختمان های بلندمرتبه

$H > 20^m$ (یا) $H/D_s > 1$

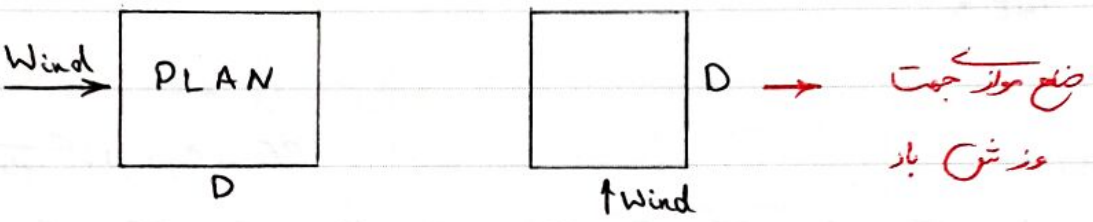
C_p از شکل صفحه 94 به دست می آید.

وجه روبه باد :

$H/D \leq 0.25 \Rightarrow C_p = 0.6$

$0.25 \leq H/D \leq 1 \Rightarrow C_p = 0.27(H/D + 2)$

$H/D > 1 \Rightarrow C_p = 0.8$



ضلع مولد جهت وزش باد

وجه پشت به باد :

$H/D \leq 0.25 \Rightarrow C_p = -0.3$

$0.25 \leq H/D \leq 1 \Rightarrow C_p = -0.27(H/D + 0.88)$

$H/D > 1 \Rightarrow C_p = -0.5$

وجه کناری :

$C_p = -0.7$

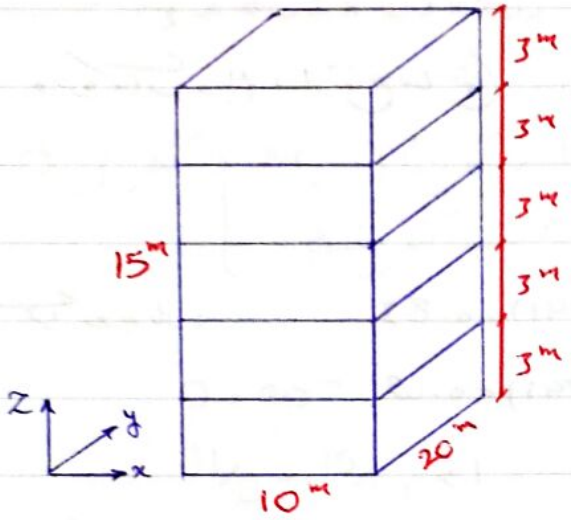
بام :

$H/D \geq 1 \Rightarrow C_p = -1$

$H/D < 1 \Rightarrow$ { $C_p = -1$ در طول H از سمت باد ; $C_p = -0.5$ در مابقی طول }

Subject: Date.

مثال: ساختمان مسکونی 5 طبقه در شهر دزفول مفروض است. اگر ارتفاع هر طبقه 3 m باشد. مطلوب است نیروی باد خارجی وارد بر ساختمان در راستای x و y

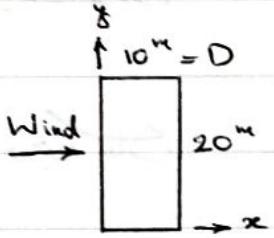


شهر دزفول ← $q = 0.741\ kN/m^2$

مسکونی ← $I_w = 1$ (صفحه 9, 10)

برای کل سازه ← $C_g = 2$

برای محاسبه باد در راستای x:



$H/D = 15/10 = 1.5 > 1$

روبه باد: $C_p = 0.8$

پشت به باد: $C_p = -0.5$

وجوه کناری: $C_p = -0.7$

بام: $C_p = -1$

شهری ← زمین پرتراکم ← $C_e = \text{Max}(0.7, 0.7(h/12)^{0.3})$

h: ارتفاع مبنا

برای وجه رو به باد طبقه به طبقه بالا می رویم ← ارتفاع واقعی آن نقطه تا سطح زمین

$h = 3^m \rightarrow C_e = 0.7$

$h = 6^m \rightarrow C_e = 0.7$

$h = 9^m \rightarrow C_e = 0.7$

$h = 12^m \rightarrow C_e = 0.7$

$h = 15^m \rightarrow C_e = 0.75$

تا زیر 15^m ← $C_e = 0.7$

Subject: Date.

برای وجه پشت به باد : نصف ارتفاع ساختمان

$h = 15/2 = 7.5 \rightarrow Ce = 0.7$

وجوه کناری و بام : ارتفاع ساختمان

$h = 15^m \rightarrow Ce = 0.75$

برای رو به باد :

12^m تا $\rightarrow P = 0.7(0.8)(2.0)(1.0)(0.741) = 0.83$

15^m تا $12^m \rightarrow P = 0.75(0.8)(2.0)(1.0)(0.741) = 0.89$

برای پشت به باد :

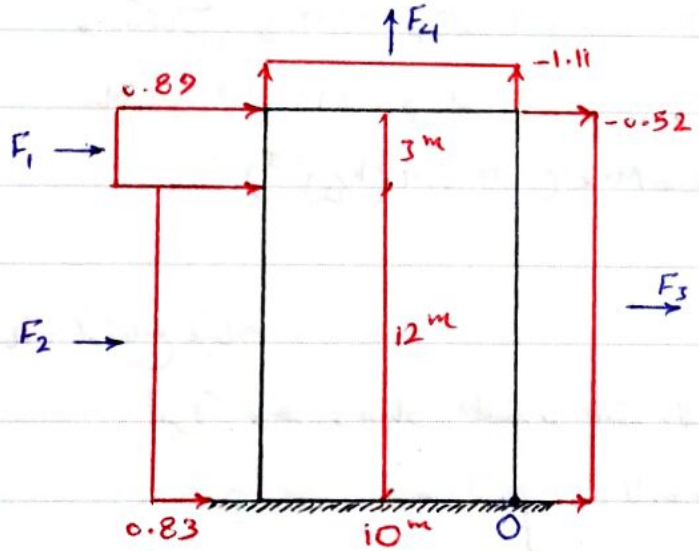
$P = 0.7(-0.5)(2.0)(1.0)(0.741) = -0.52$

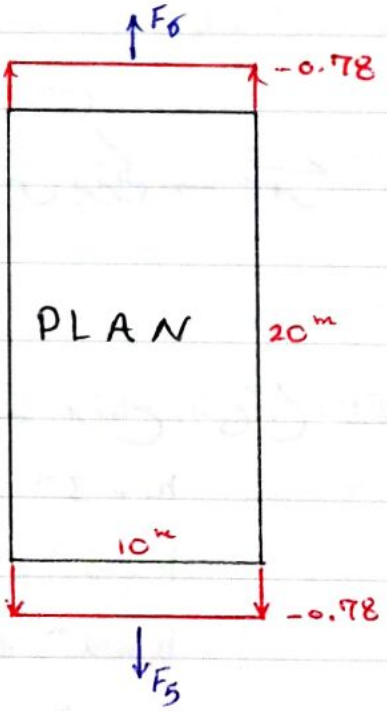
برای وجوه کناری :

$P = 0.75(-0.7)(2.0)(1.0)(0.741) = -0.78$

برای بام :

$P = 0.75(-1.0)(2.0)(0.741)(1.0) = -1.11$





Subject: Date.

$F_1 = 0.83 \times (12 \times 20)$ $F_4 = 1.11 \times (10 \times 20)$

$F_2 = 0.89 \times (3 \times 20)$ $F_5 = 0.78 \times (10 \times 15)$

$F_3 = 0.52 \times (15 \times 20)$ $F_6 = 0.78 \times (10 \times 15)$

لنگر حول O { M_O : لنگر واژگونی $= F_1(6) + F_2(13.5) + F_3(7.5) + F_4(5)$
لنگر مقاوم = وزن ساختمان $\times 5$

برای راستای y:

$D = 20^m$

$H/D = 15/20 < 1$

مابقی مراحل مانند راستای x

ضریب فشار داخلی (C_{pi}):

گروه 1 : بلند مرتبه، بدون بازشو، تهویه مکانیکی $C_{pi} = 0$, $C_{pi} = -0.15$

گروه 2 : اکثر ساختمان های کوتاه مرتبه، اکثر ساختمان های بلند مرتبه

$C_{pi} = 0.3$, $C_{pi} = -0.45$

گروه 3 : ساختمان با بازشوهای بزرگ و عدم اطمینان از بسته بودن در زمان طوفان

$C_{pi} = 0.7$, $C_{pi} = -0.7$

Subject: Date.

مثال : فشار و مکش داخلی را برای مثال قبل محاسبه کنید (گروه 2 فرض شود)

$$P_i = C_{pi}\, C_{gi}\, C_e\, I_w\, q \qquad h = 15/2 \rightarrow C_e = 0.7$$

$$P_i = (0.3)(2.0)(0.7)(1.0)(0.741)$$

$$P_i = (-0.45)(2.0)(0.7)(1.0)(0.741)$$