

www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

فروشگاه تفصلي مهندسي عمران

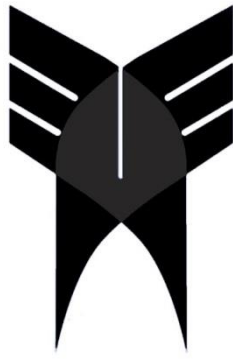


@icivilir



icivil.ir





دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج

دانشکده فنی و مهندسی گروه عمران

جزوه اصول مهندسی پل

استاد: مهندس احسان جهانفکر

بزرگترین و تنهاسایت دانلودرایگان مقالات و پروژه های عمرانی

www.masoudbahrampoor.ir



سرفصل :

- ۱- کلیات
 - ۲- بازگذاری پل ها
 - ۳- معرفی انواع سیستم های سازه ای عرشه پل ها
 - ۴- پل های بتنی
- پل های بتنی صفحه ای (تک عنصری)
پل های تیر و شاهتیر (دو عنصری)

فهرست

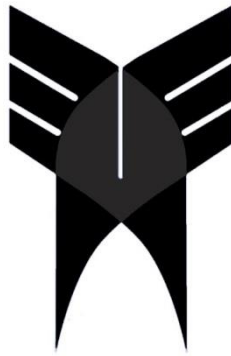
صفحه

عنوان

۱	کلیاتی از پل	فصل اول : کلیات
۳	بارگذاری پلها(پلهای جاده ای)	فصل دوم : بارگذاری پلها(پلهای جاده ای)
۴	مشخصات بارگذاری بر اساس کامیون استاندارد H	
۵	مشخصات بارگذاری بر اساس کامیون استاندارد HS	
۶	مشخصات بارخطی معادل مربوط به H20-44 و HS20-44	
۶	مشخصات بارخطی معادل مربوط به H15-44 و HS15-44	
۶	مشخصات بارخطی معادل مربوط به H10-44 و HS10-44	
۶	تعریف ضریب یا اثر ضربه ی دینامیکی برای پلها	
۷	مشخصات مربوط به بار کامیون استاندارد ایران	
۷	مشخصات بار خطی معادل ایران	
۷	مشخصات بار خطی تانک (70 Ton)	
۸	تعیین اثر ضربه یا ضریب ضربه دینامیکی با استفاده از آیین نامه ایران	
۸	نحوه قرار گیری بحرانی بارهای زنده در راستای عرضی پلها	
۹	ضریب همزمانی بارهای زنده	
۱۰	محاسبه نیروی زلزله برای پلها	
۱۱	انواع روش های تحلیل لرزه ای پلها	
۱۲	A شتاب مبنای طرح	
۱۲	I ظریب اهمیت پل	
۱۲	B ضریب بازتاب پل	
۱۳	R ضریب رفتار پل در راستای مورد نظر	
۱۴	❖ مثال ۱	
۱۶	❖ مثال ۲	
۱۸	❖ تمرینات فصل	
		فصل سوم و چهارم :
		معرفی انواع سیستم های سازه ای عرشه پل ها
		پلهای بتنی (تک عنصری و دو عنصری)
۲۰	معرفی و طبقه بندی انواع سیستم های عبورگاه پلها و نیز معرفی انواع روش های تحلیل و توزیع بار اعمالی به پلها در راستای عرضی	
۲۰	انواع سیستم های عرشه پلها	
۲۰	معرفی عبورگاه های تک عنصری	
۲۱	❖ مثال ۳	
۲۴	❖ تمرینات فصل	

**** توضیح : در قبال هر گونه اشتباهات تایپی**

(اعداد و حروف و محاسبات و ...) مدیر سایت مسئولیتی ندارد .



دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج

دانشکده فنی و مهندسی گروه عمران

جزوه اصول مهندسی پل

استاد : مهندس احسان جهانفکر

فصل اول :

کلیات

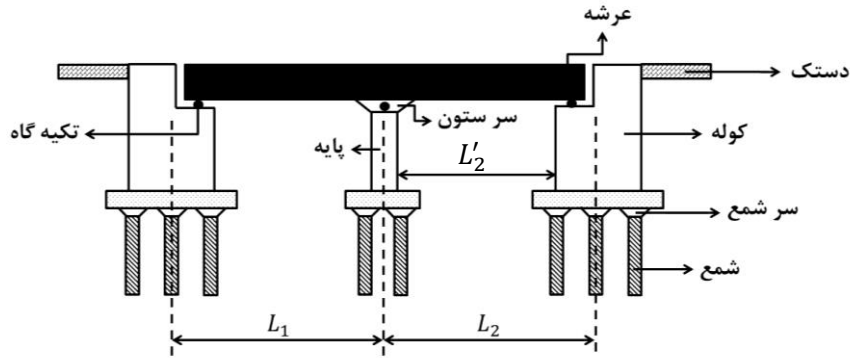
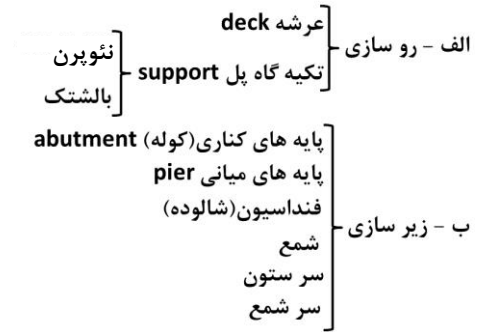
بزرگترین و تنهاسایت دانلودرایگان مقالات و پروژه های عمرانی

www.masoudbahrampoor.ir

فصل اول :

کلیاتی از پل ها :

به طور کلی یک سازه پل به دو بخش زیر تقسیم می گردد :



L_1, L_2 فاصله آکس تا آکس

L طول کل دهانه یک پل } طول دهانه محاسباتی

L'_2 طول دهانه خالص (آزاد)

L_i طول دهانه تا وسط پل }

طبقه بندی پل ها از جنبه های مختلف :

به طور عمده پلها از جنبه های مختلف به صورت های زیر تقسیم می گردد :

$L_i \leq 8m$	۱- پل های دهانه کوتاه	الف - طبقه بندی پل ها از نظر جنبه طول دهانه
$8m < L_i \leq 50m$	۲- پل های دهانه متوسط	
$L_i > 50m$	۳- پل های دهانه بلند	

۱- پل های صفحه ای (بتنی)	ب - طبقه بندی پل ها از نظر سیستم سازه ای (سیستم سازه ای عرشه)
۲- پل های تیر و شاهتیر (بتنی و فلزی)	
۳- پل های خرپای	
۴- پل های معلق (کابلی)	
۵- پل های ترکه ای (کابلی)	
۶- پل های قوسی	

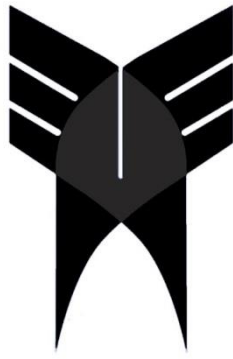
- پ - طبقه بندی پل ها از نظر مصالح مورد استفاده
- ۱- بتن آرمه
 - ۲- فولادی
 - ۳- بتن پیش تنیده
 - ۴- بتن پیش ساخته (کارخانه ای)
 - ۵- مرکب (ترکیبی از بتن و فولاد)
 - ۶- مصالح بنایی (سنگی ، آجری ، چوبی)
 - ۷- آلومینیومی

- ت - طبقه بندی پل ها از نظر کاربرد و استفاده
- ۱- پل های جاده ای
 - ۲- پل های راه آهن
 - ۳- پل های پیاده رو
 - ۴- پل های رودخانه ای
 - ۵- پل های روگذر و زیرگذر
 - ۶- پل های خطوط انتقالی (آب ، گاز ، نفت و...)

- ث - طبقه بندی پل ها از نظر نحوه اجرا
- ۱- پل های درجا
 - ۲- پل های پیش ساخته
 - ۳- پل های طره ای

- ج - طبقه بندی پل ها از نظر آیین نامه ای
- ۱- منظم
 - ۲- نا منظم

- چ - طبقه بندی پل ها از نظر شکل یا هندسه
- ۱- مستقیم (مورب)
 - ۲- قوسی



دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج

دانشکده فنی و مهندسی گروه عمران

جزوه اصول مهندسی پل

استاد: مهندس احسان جهانفکر

فصل دوم:

بارگذاری پلها (پلهای جاده ای)

بزرگترین و تنهاسایت دانلودرایگان مقالات و پروژه های عمرانی

www.masoudbahrampoor.ir

فصل دوم :

بارگذاري پلها (پلهای جاده ای) :



۱- بارهای مرده DL :

بیش از ۹۰ درصد جرم سازه پل را عرشه دارا می باشد .

معمولا این چهار نوع مصالح در محاسبه بار مرده لازم است :

جرم مخصوص (kg/m^3)	مصالح
7850	فولاد
2400	بتن معمولی
2500	بتن آرمه (پلسازی)
2200	آسفالت

۲- بارهای زنده LL :

بر این اساس بارهای زنده مربوط به پلها باید با یک آیین نامه معتبر یا مربوط به کشور مورد نظر محاسبه گردد. آیین نامه های پرکاربرد و مورد استفاده به صورت زیر می باشند :

۱- آیین نامه آشتو (آمریکا - استاندارد بین المللی) - AASHTO

۲- آیین نامه دین (آلمان) - DIN

۳- آیین نامه B.S (انگلستان)

۴- آیین نامه فرانسه

۵- آیین نامه ایران - نشریه فنی

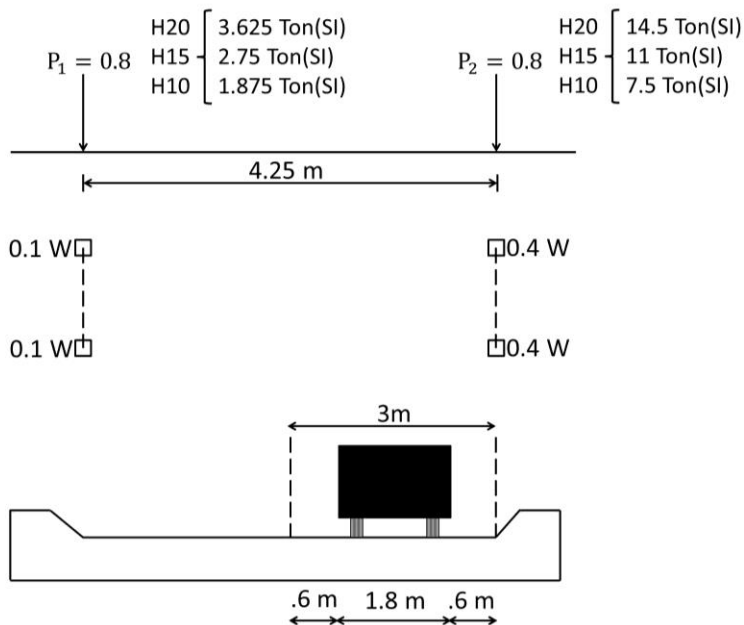
$\left. \begin{aligned} W=20 - H20 - 44 \\ W=15 - H15 - 44 \\ W=10 - H10 - 44 \end{aligned} \right\} \text{1- کامیون H (بدون یدک یا دومحوره)}$	$\left. \begin{aligned} \text{1- بارگذاری بر اساس کامیون های استاندارد} \\ \text{2- بارگذاری بر اساس بار خطی معادل (ترافیک کامیون بر روی پل)} $	بارگذاری زنده پلها بر اساس آیین نامه آشتو
$\left. \begin{aligned} 1.8W=1.8(20) - H_S 20 - 44 \\ 1.8W=1.8(15) - H_S 15 - 44 \\ 1.8W=1.8(10) - H_S 10 - 44 \end{aligned} \right\} \text{2- کامیون } H_S \text{ (همراه با یدک و سه محوره)}$		
$\left. \begin{aligned} W=20 - H20 - 44 \\ W=15 - H15 - 44 \\ W=10 - H10 - 44 \end{aligned} \right\} \text{1- کامیون H (بر اساس بار خطی معادل)}$	$\left. \begin{aligned} \text{2- بارگذاری بر اساس بار خطی معادل} $	
$\left. \begin{aligned} 1.8W=1.8(20) - H_S 20 - 44 \\ 1.8W=1.8(15) - H_S 15 - 44 \\ 1.8W=1.8(10) - H_S 10 - 44 \end{aligned} \right\} \text{2- کامیون } H_S \text{ (بر اساس بار خطی معادل)}$		

توضیحات

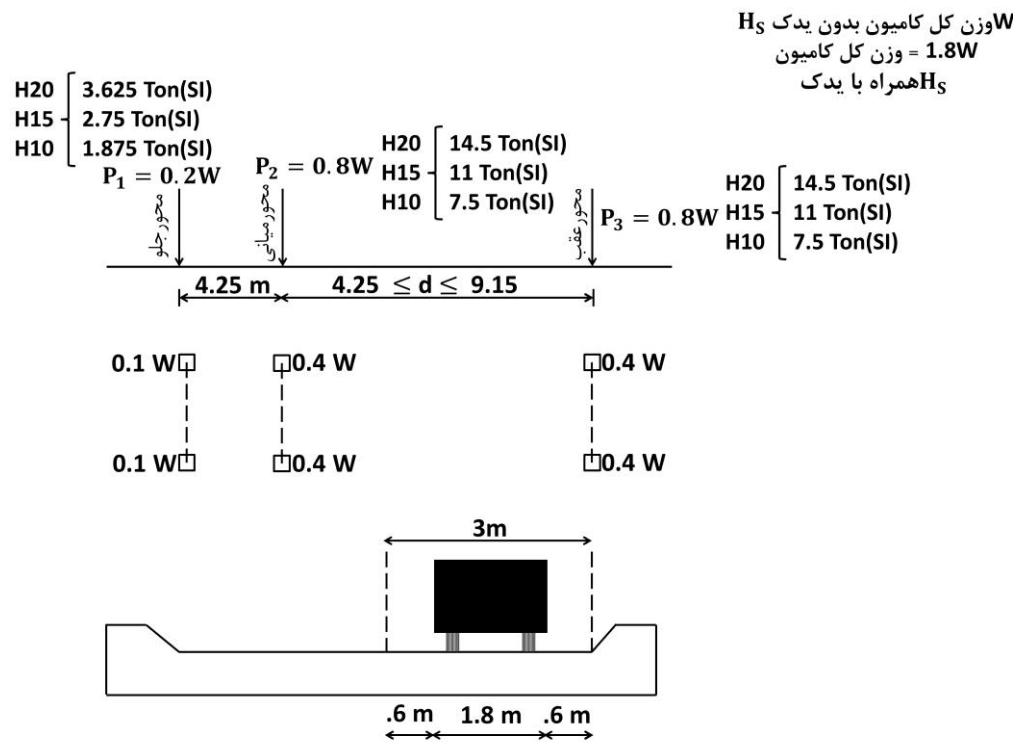
1 تن US برابر با 0.908 تن SI
 44 ← سال 1944
 H یا H_S ← وزن (تن آمریکا US)
 W ← وزن

مشخصات بارگذاری بر اساس کامیون استاندارد H :

وزن کل کامیون : H
 W = (20,15,10)



مشخصات بارگذاری بر اساس کامیون استاندارد H_S:



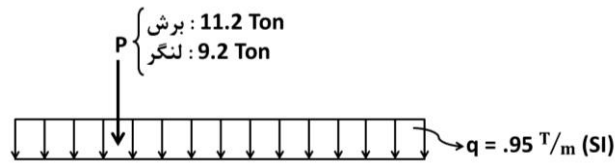
توضیحات

نحوه بدست آوردن وزن (به عنوان مثال بدست آوردن 14.5 و 3.625)

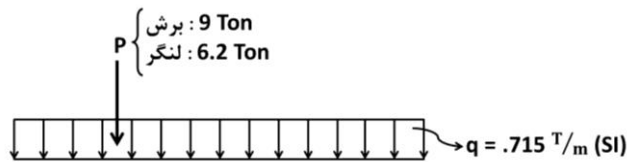
$$14.5 \rightarrow .8W = .8(20) \times 0.908$$

$$3.625 \rightarrow H20 \times .2 \times 0.908$$

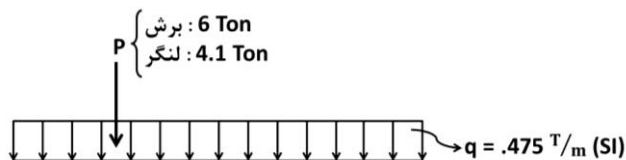
مشخصات بار خطی معادل مربوط به H20-44 و HS20-44 :



مشخصات بار خطی معادل مربوط به H15-44 و HS15-44 :



مشخصات بار خطی معادل مربوط به H10-44 و HS10-44 :



تعریف ضریب یا اثر ضربه ی دینامیکی برای پلها : وسیله ی نقلیه ای که با سرعت نرمال از روی یک پل عبور می کند تنش های تولید می کنند که از تنش های مربوط به بارگذاری استاتیکی آن بیشتر است به این افزایش تنش اثر ضربه یا اثر دینامیکی بار زنده می گوئیم .

آیین نامه های مختلف به وسیله مطالعات و آزمایشات صورت گرفته برای محاسبه این ضریب افزایشی روابط ساده و تقریبی بر اساس استانداردهای مختلف کشور خود ارائه داده اند که رابطه آن براساس آیین نامه آشتو به صورت زیر پیشنهاد گردیده است :

$$I = 1 + \frac{15}{38 + L} \leq 1.3$$

I : ضریب ضربه دینامیکی L : طول دهانه محاسباتی پل (برای پلهای تک دهانه)

نکته ۱ : اثرات ضریب ضربه دینامیکی تنها برای بعضی از اعضای سازه ای یک پل باید لحاظ گردد . که این اعضا عبارت اند از :

۱- عرشه ۲- تکیه گاه های پل ۳- پایه های پل

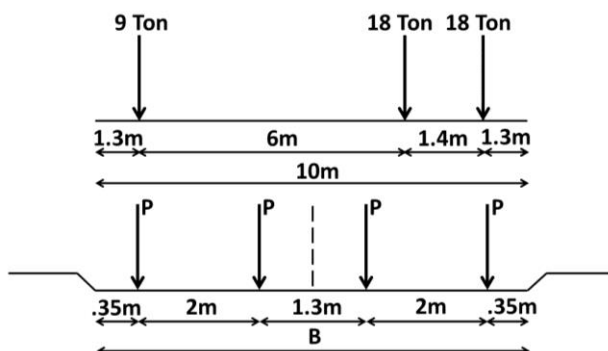
محاسبه بار زنده بر اساس آیین نامه ایران :

$$\left. \begin{array}{l} 1- \text{ بارهای عادی} \\ \left. \begin{array}{l} 1- \text{ بار کامیون استاندارد ایران (سه محوری 45 Ton)} \\ 2- \text{ بار خطی معادل ایران (ترافیک وسایل نقلیه)} \end{array} \right\} \end{array} \right\} \text{ بارهای زنده به دو دسته تقسیم می شوند}$$

$$\left. \begin{array}{l} 2- \text{ بارهای غیر عادی (خاص)} \\ \left. \begin{array}{l} \text{ بار تانک یا بار تریلی تانک بر} \end{array} \right\} \end{array} \right\}$$

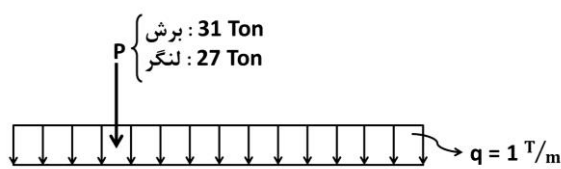
مشخصات مربوط به بار کامیون استاندارد ایران :

نحوه قرارگیری بار کامیون استاندارد ایران بر روی یک پل در راستای عرضی

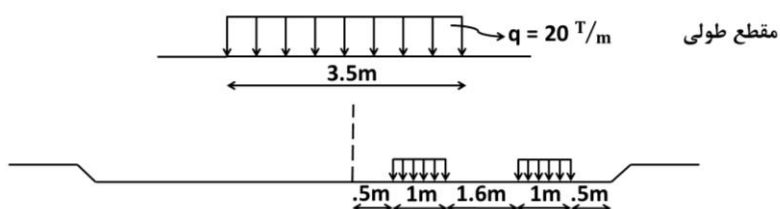


P : بار مربوط به چرخ های جلو ، عقب یا میانه
B : عرض سواره رو روی پل

مشخصات بار خطی معادل ایران :



مشخصات بار خطی تانک (70 Ton) :



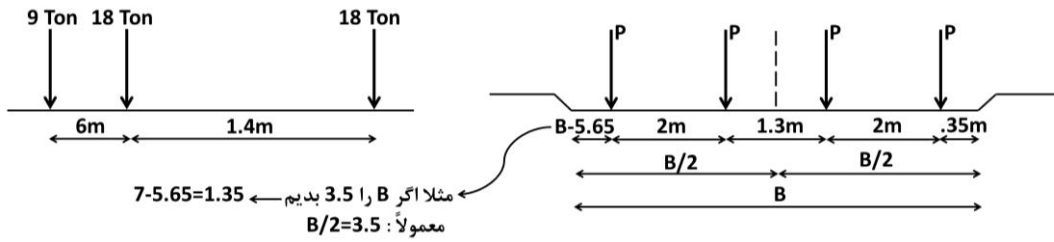
نکته ۲: از آنجایی که عبور همزمان بیش از یک تانک بر روی یک پل ممنوع می باشد در محاسبه تنش های اعمالی از یک تانک به پل تنها باید بار مربوط به یک تانک بر روی پل مورد نظر قرار داده می شود. این قانون در مورد پلهای بیش از یک باند نیز باید مورد استفاده قرار گیرد.

تعیین اثر ضربه یا ضریب ضربه دینامیکی با استفاده از آیین نامه ایران :

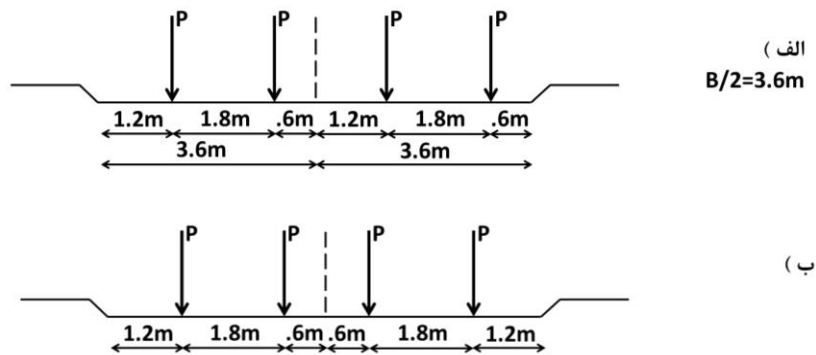
$$I = 1 + \frac{6}{10 + L} \leq 1.3$$

نحوه قرار گیری بحرانی بارهای زنده در راستای عرضی پلها :

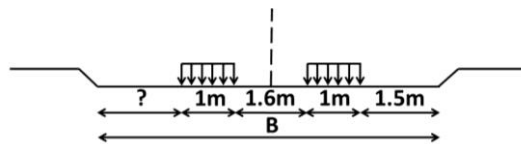
۱- کامیون 45Ton یا 40Ton ایران :



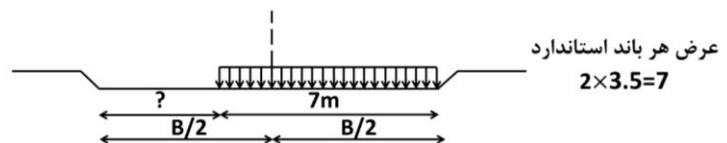
۲- کامیون استاندارد آشتو (H و HS) :



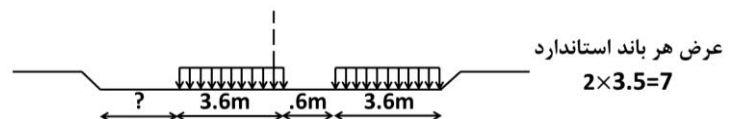
۳- بار تانک :



۴- بار خطی معادل ایران :



۵- بار خطی آشتو :



ضرب همزمانی بارهای زنده :

تعداد خطوط ترافیک n	ضرب همزمانی I'
n=1	1
n=2	1
n=3	.9
n≥4	.75

وقتی که یک پل به وسیله سه خط ترافیک (سه باند) یا بیشتر بارگذاری می گردد و مقدار بار زنده باید در ضریبی به نام ضریب همزمانی بارهای زنده ضرب گردد مقدار این ضریب بستگی به تعداد خطوط ترافیکی (تعداد باندها) یک پل بستگی دارد .

بارگذاری زنده پیاده روی پلهای جاده ای (بر اساس آشتو و ایران) :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } L \leq 7.5\text{m} \rightarrow q = 4.5 \text{ kg/m}^2 \\ \text{if } 7.5\text{m} < L \leq 30\text{m} \rightarrow q = 300 \text{ kg/m}^2 \\ \text{if } L > 30\text{m} \rightarrow q = 5 \left(300 + \frac{900}{L} \right) \left(\frac{16.5-a}{15} \right) \text{ kg/m}^2 \end{array} \right.$$

← طول دهانه پل



محاسبه بار ناشی از جریان آب به پلها :

$$q = 55 K V^2$$

$$V^2 : \text{سرعت جریان آب (mm/s)}$$

$$q : \text{بار ناشی از جریان آب (kg/m}^2)$$

K : ضریب ثابت بستگی دارد به مقطع پایه های پل (□ ○ ◻)

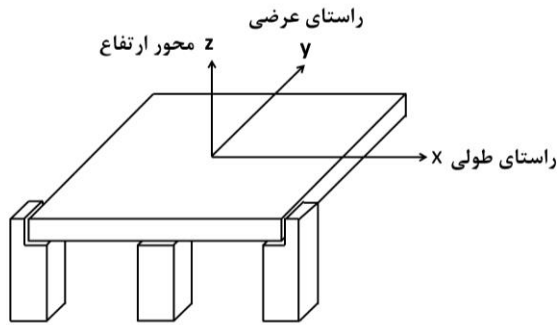
$$\text{○} \left\{ K = .5 \right.$$

$$\text{□} \left\{ K = 1.5 \right.$$

$$\text{◻} \left\{ K = .67 \right.$$

محاسبه نیروی زلزله برای پلها :

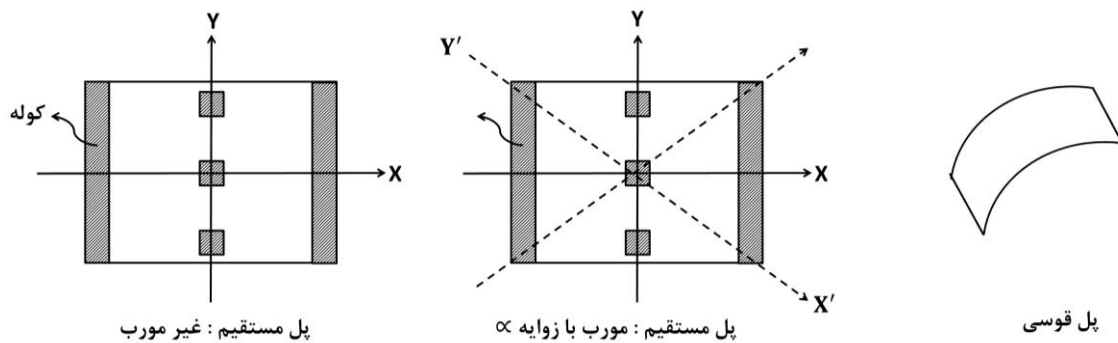
نکته ۱ مربوط به پلهای مستقیم غیر مورب : به طور کلی پلها باید برای دو راستای عمود بر هم (راستای طولی و عرضی) مطابق شکلهای زیر تعیین گردد :



f_x = نیروی زلزله برای پل در راستای طولی

f_y = نیروی زلزله برای پل در راستای عرضی

نکته ۲ پلهای مستقیم مورب : در پلهای که پایه های آنها نسبت به محور طولی یا عرضی انحراف دارند برای محاسبه نیروی زلزله دو امتداد عمود بر هم را می توان در امتداد قرارگیری پایه های پل و امتداد عمود بر آن در نظر گرفت (x', y') :

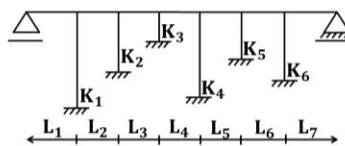


نکته ۳ : از آنجایی که عرشه پلها دارای صلبیت یا سختی بسیار بالای می باشند نیازی به محاسبه نیروی زلزله برای آن نمی باشد. عرشه پلها باید تنها قادر به انتقال نیروی زلزله به بخش های زیرین خود یعنی تکیه گاه با پایه ها و پی ها می باشد.

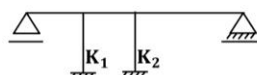
نکته ۴ : سایر یا دیگر بخشهای پل نظیر تکیه گاه ها ، پایه های کناری و میانی و فنداسیون ها باید در مقابل نیروی زلزله طراحی گردد .

طبقه بندی پلها بر اساس آیین نامه های لرزه ای :

- ۱- $(n \leq 6) - 1$ نسبت طول کلیه دهانه مجاور یک پل کمتر یا مساوی ۲ باشد: $\frac{L_i}{L_i + 1} \leq 2$ ← طول دهانه i ام پل
- ۲- $(n > 6) - 2$ نسبت سختی کلیه پایه های مجاور یک پل کوچکتر مساوی ۳ باشد: $\frac{K_i}{K_i + 1} \leq 3$ ← سختی پایه i ام پل



۱- تمام پلهای قوسی ۲- کلیه پلهای به تعداد دهانه $n > 6$ که شرط ذکر شده در قسمت بالا را نداشته باشد ۳- کلیه پلهای منظمی که تغییر جرم ناگهانی دارند



انواع روش های تحلیل لرزه ای پلها :

- ۱- روش استاتیکی :
- نکته ۱: برای پلهای منظم که در آنها
- $$\left. \begin{array}{l} L_i \leq 100 \text{ m} \\ h_i \leq 30 \text{ m} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \text{طول هر کدام از دهانه ها} \\ \text{ارتفاع پایه ها} \end{array} \right\}$$
- فقط انجام تحلیل استاتیکی لازم می باشد در غیر اینصورت علاوه بر تحلیل استاتیکی باید تحلیل طیفی هم انجام گیرد
- نکته ۲: برای کلیه پلهای نامنظمی که طول هر کدام از دهانه های آن از 150m کمتر باشد علاوه بر تحلیل استاتیکی باید تحلیل طیفی نیز برای آنها انجام گیرد .
- نکته ۳: برای کلیه پلهای نامنظمی که طول هر کدام از دهانه های آن از 150m بیشتر باشد علاوه بر تحلیل استاتیکی باید تحلیل دینامیکی نیز برای آنها انجام گیرد .
- ۲- روش شبه دینامیکی (طیفی)
- ۳- روش دینامیکی (تاریخچه زمانی)

محاسبه نیروی زلزله برای پلها با استفاده از روش تحلیل استاتیکی :

$$F = C \cdot W \rightarrow \begin{cases} F_x = C_x \cdot W = C_x = \frac{A B_x I}{R_x} \\ F_y = C_y \cdot W = C_y = \frac{A B_y I}{R_y} \end{cases}$$

F : نیروی زلزله در راستای مورد نظر

W : وزن مرده پل + درصدی از بار زنده پل = (وزن عرشه پل + 20% بار زنده)

+
نصف وزن پایه ها

C : ضریب زلزله در راستای مورد نظر

$$C = \frac{A B I}{R} \rightarrow \begin{cases} A : \text{شتاب مینای طرح} \\ I : \text{ضریب اهمیت پل} \\ R : \text{ضریب رفتار پل} \\ B : \text{ضریب بازتاب} \end{cases}$$

A : شتاب مبنای طرح :

A	شتاب لرزه خیزی منطقه
0.35	خیلی زیاد
0.3	زیاد
0.25	متوسط
0.2	کم
0.5	فوق العاده زیاد

$I = 1.2$ اهمیت زیاد $\left\{ \begin{array}{l} \text{پلهای دارای اهمیت زیاد شامل پلهای احداث شده در آزاد راه ها ، بزرگراه ها ، راه های اصلی ،} \\ \text{راه های فرعی درجه ۱ ، شبکه های اصلی خطوط راه آهن و نیز برخی از خطوط فرعی شبکه} \\ \text{راه آهن و نهایتاً پلهای احداث شده برای دسترسی به کارخانه جات ، صنایع حیاتی کشور و نیز} \\ \text{تاسیسات نظامی} \end{array} \right\}$

$I = 1$ اهمیت متوسط و کم $\left\{ \begin{array}{l} \text{این پلهای شامل پلهای احداث شده در راه های فرعی درجه ۲ و ۳ ، راه های روستایی و نیز} \\ \text{برخی از خطوط فرعی شبکه راه آهن} \end{array} \right\}$

I : ضریب اهمیت پل

مشخصات زمین منطقه ای پل در آن احداث می شود (S, T_s, T_0) پارامترهای مربوط به نوع زمین
 مشخصات سازه ای پل مورد نظر (T_x, T_y) پریرود نوسان پل در راستای مورد نظر
 B : ضریب بازتاب (B_x, B_y)

$$B : \begin{cases} B = 1 + S(T/T_0) & I \leq T_0 \\ B = 1 + S & T_0 \leq T \leq T_s \\ B = 1 + S(T_s/T)^{2/3} & I \geq T_0 \end{cases}$$

نوع زمین	T_0	T_s	شدت لرزه ای زیاد و خیلی زیاد S	شدت لرزه ای کم و متوسط S
I سنگی	0.1	0.4	1.5	1.5
II خیلی سفت	0.1	0.5	1.5	1.5
III سخت	0.15	0.7	1.75	1.75
IV نرم	0.15	1	1.75	2.25

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W}{kg}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \longrightarrow \begin{cases} T_x = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_x g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_x}} \\ T_y = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_y g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_y}} \end{cases}$$

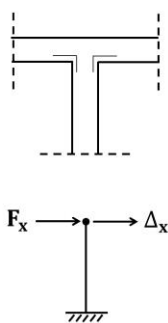
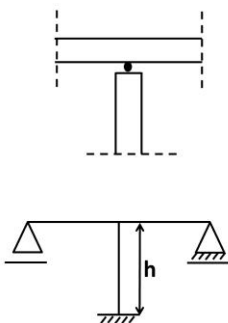
W : وزن (بر حسب N)

T : نوسان پل در راستای مورد نظر (بر حسب sec)

g : شتاب ثقل (بر حسب $m/s^2 = 9.806$)

K : سختی جانبی (بر حسب N/M)

اگر اتصال پایه پل به عرشه پل از نوع مفصلی باشد :



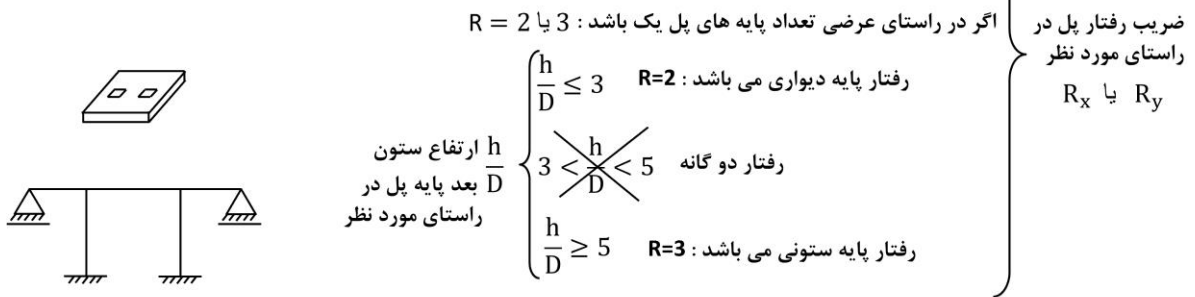
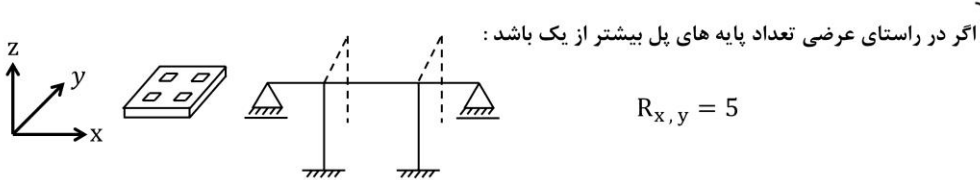
$$\Delta_{max_x} = \frac{F_x h^3}{3 E_c I_y} , \Delta_{max_y} = \frac{F_y h^3}{3 E_c I_x}$$

$$\frac{F_x}{\Delta_{max_x}} = K_x = \frac{3 E_c I_y}{h^3} , K_y = \frac{3 E_c I_x}{h^3}$$

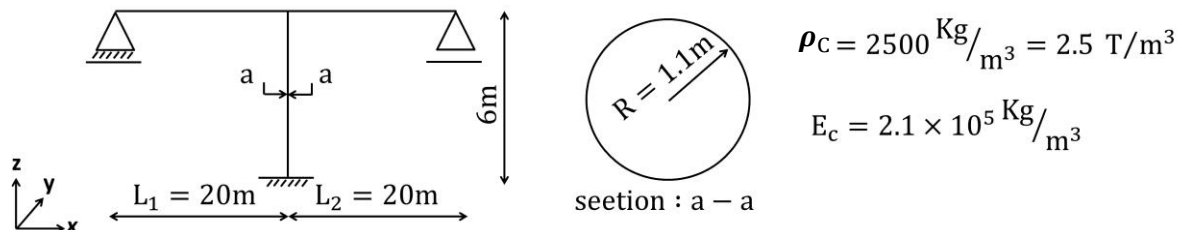
$E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ بتن
 $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ فولاد
 $\frac{E_s}{E_c} = x \cong 10$

جهت یادآوری

$I_x = \frac{1}{12} ab^3$ و $I_y = \frac{1}{12} ba^3$
 I_x و $I_y = \frac{1}{12} a^4$
 I_x و $I_y = \frac{1}{4} \pi R^4$



مثال ۱: مطلوبست تعیین پریود ارتعاش و نیروی زلزله برای یک پل با توجه به فرضیات و مشخصات نشان داده شده در شکل زیر: (در راستای عرضی)



مشخصات فرضیات:

۱- بار مرده عرشه $W_{DL} = 16 \text{ T/M}$

۲- محل احداث پل در زمین نوع II

۳- شدت لرزه خیزی منطقه احداث پل زیاد می باشد.

۴- پل از نوع بزرگراهی است.

۵- اتصال پایه پل به عرشه به صورت مفصلی می باشد.

$$F_y = C_y \times W$$

حل: (از روش استاتیکی):

$$w = mg = \left[(16 \times \left(\frac{20+20}{2} \right)) \right] + \frac{1}{2} (\pi (1.1)^2 \times 6 \times 2.5) + (0.2 \times W_{DL}) \times 9.806 = (348.51) \times 9.806 = 3417.5 \text{ KN}$$

$$C_y = \frac{A B_y I}{R_y}$$

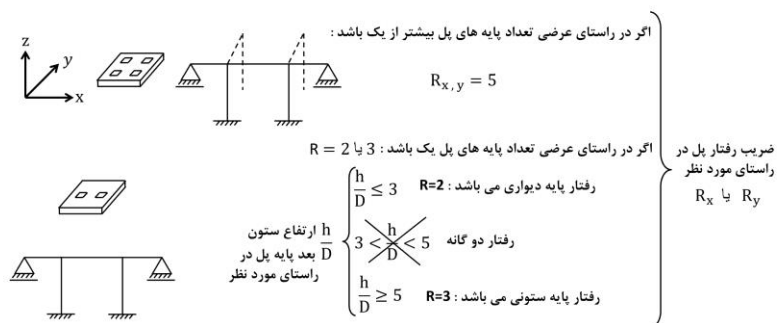
با توجه به جدول شتاب لرزه خیزی منطقه $A = 0.3$ اشتاب مبنای طرح با توجه به داده شماره ۳

A	شتاب لرزه خیزی منطقه
0.35	خیلی زیاد
0.3	زیاد
0.25	متوسط
0.2	کم
0.5	فوق العاده زیاد

با توجه ضریب اهمیت $I = 1.2$ ضریب اهمیت پل با توجه به داده شماره ۴

$I = 1.2$ اهمیت زیاد } پلهای دارای اهمیت زیاد شامل پلهای احداث شده در آزاد راه ها، بزرگراه ها، راه های اصلی، راه های فرعی درجه ۱، شبکه های اصلی خطوط راه آهن و نیز برخی از خطوط فرعی شبکه راه آهن و نهایتاً پلهای احداث شده برای دسترسی به کارخانه جات، صنایع حیاتی کشور و نیز تاسیسات نظامی
 $I = 1$ اهمیت متوسط و کم } این پلهای شامل پلهای احداث شده در راه های فرعی درجه ۲ و ۳، راه های روستایی و نیز برخی از خطوط فرعی شبکه راه آهن

$$R_y = \begin{cases} \text{تک ستونی} \\ \text{یا} \\ \text{چند ستونی} \end{cases} \rightarrow \frac{h}{D_y} = \frac{6m}{2.2m} = 2.73m \leq 3 \rightarrow \text{رفتار پایه مورد نظر از نوع دیواری است} \rightarrow R_y = 2$$



بر حسب N $T_y = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_y \cdot g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_y}}$

بر حسب kg

بر حسب N/M

پارامترهای مربوط به زمین نوع II $T_0=0.1$, $T_S=0.5$, $S=1.5$

ضریب بازتاب پل در راستای مورد نظر B_y

مشخصات زمین منطقه ای پل در آن احداث می شود (S, T_0, T_S) پارامترهای مربوط به نوع زمین (B_x, B_y): ضریب بازتاب پل

مشخصات سازه ای پل مورد نظر (T_x, T_y) پرپود نوسان پل در راستای مورد نظر

از جدول بدست می آید T_0 و T_S و S با استفاده

$$B: \begin{cases} B = 1 + S(T/T_0) & I \leq T_0 \\ B = 1 + S & T_0 \leq T \leq T_S \\ B = 1 + S(T_S/T) & I \geq T_0 \end{cases}$$

نوع زمین	T_0	T_S	شدت لرزه ای زیاد و خیلی زیاد S	شدت لرزه ای کم و متوسط S
I سنگی	0.1	0.4	1.5	1.5
II خیلی سفت	0.1	0.5	1.5	1.5
III سخت	0.15	0.7	1.75	1.75
IV نرم	0.15	1	1.75	2.25

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{w}{kg}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \rightarrow \begin{cases} T_x = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_x g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_x}} \\ T_y = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_y g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_y}} \end{cases}$$

$$I_x = I_y = \frac{1}{4} \pi r^4 = \frac{1}{4} \pi (110\text{cm})^4 \cong 114986753.8\text{cm}^4$$

$$K_y = \frac{3 E_c \times I_x}{h^3} \rightarrow \frac{3 \times (2.1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}) \times (114986753.8)}{(600)^3} \cong 335378.03 \text{ Kg/cm} \rightarrow$$

$$N/M \text{ به } Kg/cm \text{ تبدیل: } 1 \frac{kg}{cm} = 1 \times \frac{9.806}{0.01} N/M \rightarrow K_y = 335378.03 \times \frac{9.806}{0.01} = 328871698 N/M$$

$$T_y = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_y}} \rightarrow T_y = 2\pi \sqrt{\frac{348.51 \times 10^3}{328871698}} \cong 0.205 \text{ Sec}$$

10^3 برای تبدیل واحد به kg

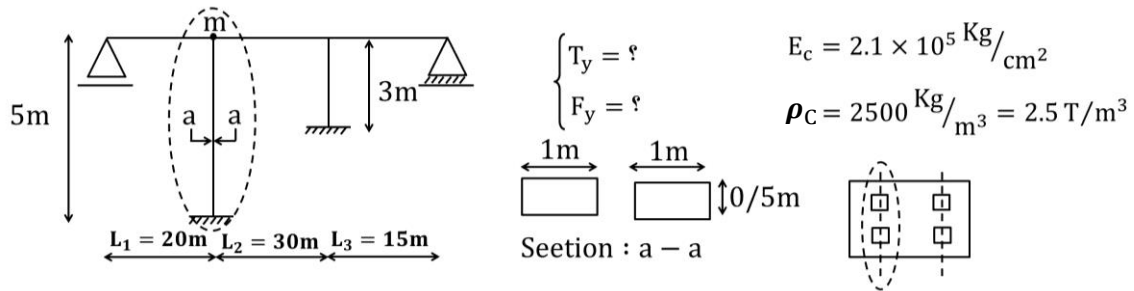
چون 0.205 بین 0.1 و 1.5 است پس از رابطه دومی استفاده می کنیم $1+S (T_0 \leq T_y < T_S)$:

$$B_y = 1 + S = 1 + 1.5 = 2.5$$

$$* C_y = \frac{A B_y I}{R_y} = \frac{0.3 \times 2.5 \times 1.2}{2} = 0.45$$

$$* F_y = C_y \cdot w = 0.45 \times (3417.5) = 1537.88 \text{ KN}$$

مثال ۲: یک پل سه دهانه بتنی با توجه به داده ها و شکل های نشان داده شده مطلوبست تعیین پریود نوسان و نیروی زلزله برای پایه نشان داده شده از این پل در راستای عرضی .



مشخصات فرضیات: ۱- وزن مرده پل $W_{DL} = 10 \text{ T/M}$ ۲- وزن زنده پل $W_{LL} = 4 \text{ T/M}$

۳- سختی تمام پایه ها با هم برابرند. ۴- اتصال پایه پل به عرشه مفصلی است. ۵- نوع زمین، نوع III است.

۶- شدت لرزه خیزی متوسط است. ۷- پل از نظر اهمیت بالا می باشد.

$$F_y = C_y \cdot w$$

$$W = mg = \left[10 \times \left(\frac{20 + 30}{2} \right) + \frac{1}{2} (2 \times 0.5 \times 1 \times 5) \times 2.5 + (0.2 \times 4 \times \left(\frac{20 + 30}{2} \right)) \right] \times 9.806 = [250 + 6.25 + 20] \times 9.806 = (276.25) \times 9.806 = 2708.9 \text{ KN}$$

$$C_y = \frac{A B_y I}{R_y}$$

$$A = 0.25$$

$$I = 1.2$$

$$R_y = 5 \text{ پس چون تعداد پایه ها از یک بیشتر است } R_y = 5$$

$$\text{نوع III برای زمین } \begin{cases} T_0 = 0.15 \\ T_S = 0.7 \\ S = 1.75 \end{cases}$$

$$I_x = \frac{1}{12} (20)(100\text{cm})^3 = 4166666.67 \text{ cm}^4$$

$$K'y = \frac{3 E_c I_x}{h^3} = \frac{3 \times (2.1 \times 10^5) \times 41666666.67}{(500)^3} = 21000 \text{ Kg/cm} = 21000 \times \left(\frac{9.806}{0.01}\right) =$$

$$20592600 \text{ N/M} \rightarrow K'y = 2(20592600) = 41185200 \text{ N/M}$$

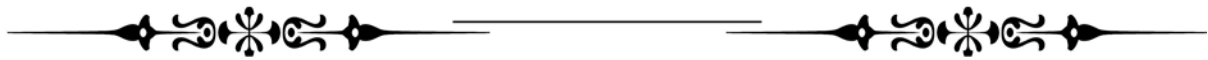
$$T_y = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_y}} = \frac{276.25 \times 10^3}{41185200} \cong 0.515 \text{ Sec}$$

چون 0.515 بين T_s و T_0 است :

$$B_y = 1 + S = 1 + 1.75 = 2.75$$


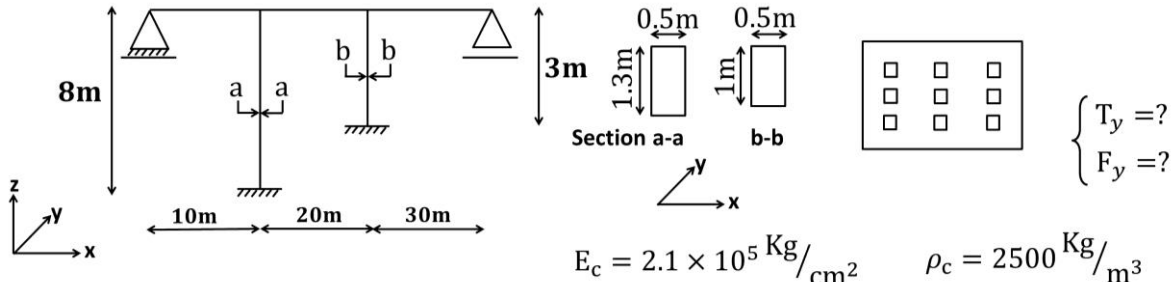
$$C_y = \frac{A B_y I}{R_y} = \frac{0.25 \times 2.75 \times 1.2}{5} = 0.165$$


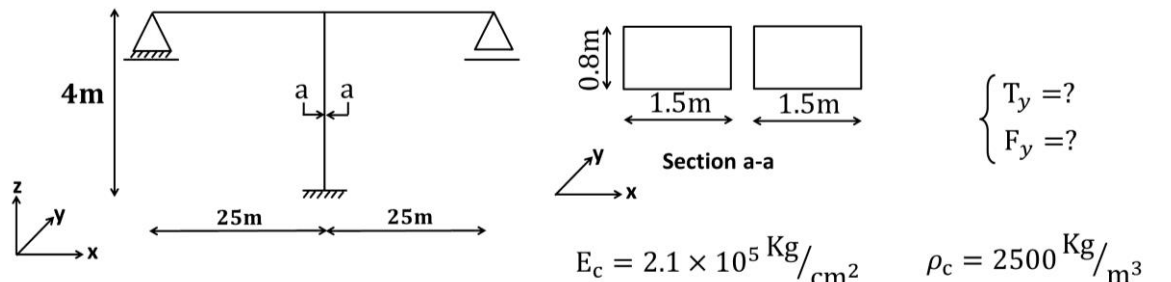
$$F_y = C_y \cdot W = 0.165 \times 2708.9 \cong 447 \text{ KN}$$

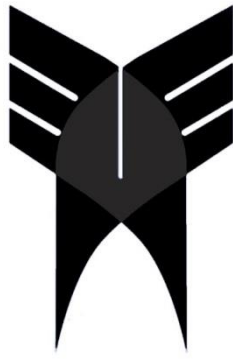


<p>بزرگترین و تنها سایت دانلود رایگان پروژه ها و مقالات دانشجویی عمران - www.masoudbahrampoor.ir</p>	
<p>اصول مهندسی پل</p>	<p>مهندس احسان جهانفکر</p>
<p>تمریبات فصل</p>	<p>تمریبات فصل</p>
<p>۱- مطلوبست تعیین پریود ارتعاش و نیروی زلزله در راستای عرضی برای یک پل با توجه به داده ها و مشخصات زیر:</p>	
	<p> $\rho_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$ $E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ $\begin{cases} T_y = ? \\ F_y = ? \end{cases}$ </p>
<p>مشخصات فرضیات:</p>	
<p> $q_{D.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{2.5} \right) \text{ Ton/m}$ بار مرده عبورگاه $q_{L.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{4} \right) \text{ Ton/m}$ بار زنده عبورگاه </p>	
<p> ۱- زمین از نوع III . ۲- شدت لرزه خیزی متوسط . ۳- پل از نوع پلهای روستایی است . ۴- اتصال پایه به عرشه مفصلی می باشد . </p>	

<p>بزرگترین و تنها سایت دانلود رایگان پروژه ها و مقالات دانشجویی عمران - www.masoudbahrampoor.ir</p>	
<p>اصول مهندسی پل</p>	<p>مهندس احسان جهانفکر</p>
<p>تمریبات فصل</p>	<p>تمریبات فصل</p>
<p>۲- مطلوبست محاسبه پریود ارتعاش و نیروی زلزله برای پایه ی میانی از پل چهار دهانه زیر با توجه به مشخصات زیر:</p>	
	<p> $E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ $\rho_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$ $\begin{cases} T_y = ? \\ F_y = ? \end{cases}$ </p>
<p>مشخصات فرضیات:</p>	
<p> $q_{D.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{2.5} \right) \text{ Ton/m}$ بار مرده عبورگاه $q_{L.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{4} \right) \text{ Ton/m}$ بار زنده عبورگاه </p>	
<p> ۱- زمین از نوع IV . ۲- شدت لرزه خیزی خیلی زیاد است . ۳- پل مربوط به راه های اصلی می باشد . ۴- اتصال پایه به عرشه مفصلی می باشد . </p>	

	<p>بزرگترین و تنها سایت دانلود رایگان پروژه ها و مقالات دانشجویی عمران - www.masoudbahrampoor.ir</p>
<p>اصول مهندسی پل</p>	<p>مهندس احسان جهانفکر</p>
<p>تمریبات فصل</p>	<p>۳- برای یک پل سه دهانه با توجه به فرضیات و مشخصات داده شده مطلوبست محاسبه:</p> <p>الف) پیروید نوسان و نیروی زلزله برای پایه شماره ۱ (در راستای عرضی)</p> <p>ب) محاسبه پیروید نوسان و نیروی زلزله برای پایه شماره ۲ (در راستای عرضی)</p>
	<p>$E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ $\rho_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$</p> <p>$T_y = ?$ $F_y = ?$</p>
<p>مشخصات فرضیات:</p> <p>۱- زمین از نوع I .</p> <p>۲- شدت لرزه خیزی زیاد است .</p> <p>۳- پل رودخانه ای با درجه اهمیت پل زیاد است .</p> <p>۴- اتصال پایه به عرشه مفصلی می باشد .</p>	
<p>بار زنده عبورگاه $q_{L.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{4}\right) \text{ Ton/m}$ ، بار مرده عبورگاه $q_{D.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{2.5}\right) \text{ Ton/m}$</p>	

	<p>بزرگترین و تنها سایت دانلود رایگان پروژه ها و مقالات دانشجویی عمران - www.masoudbahrampoor.ir</p>
<p>اصول مهندسی پل</p>	<p>مهندس احسان جهانفکر</p>
<p>تمریبات فصل</p>	<p>۴- مطلوبست تعیین پیروید ارتعاش و نیروی زلزله در راستای عرضی برای یک پل با توجه به داده ها و مشخصات زیر:</p>
	<p>$E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ $\rho_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$</p> <p>$T_y = ?$ $F_y = ?$</p>
<p>مشخصات فرضیات:</p> <p>۱- زمین از نوع II .</p> <p>۲- شدت لرزه خیزی کم است .</p> <p>۳- درجه اهمیت پل متوسط است .</p> <p>۴- اتصال پایه به عرشه مفصلی می باشد .</p>	
<p>بار زنده عبورگاه $q_{L.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{4}\right) \text{ Ton/m}$ ، بار مرده عبورگاه $q_{D.L} = \left(\frac{\text{جمع ارقام شماره دانشجویی}}{2.5}\right) \text{ Ton/m}$</p>	



دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج

دانشکده فنی و مهندسی گروه عمران

جزوه اصول مهندسی پل

استاد: مهندس احسان جهانفکر

فصل سوم و چهارم:

معرفی انواع سیستم های سازه ای عرشه پل ها

پلهای بتنی (تک عنصری و دو عنصری)

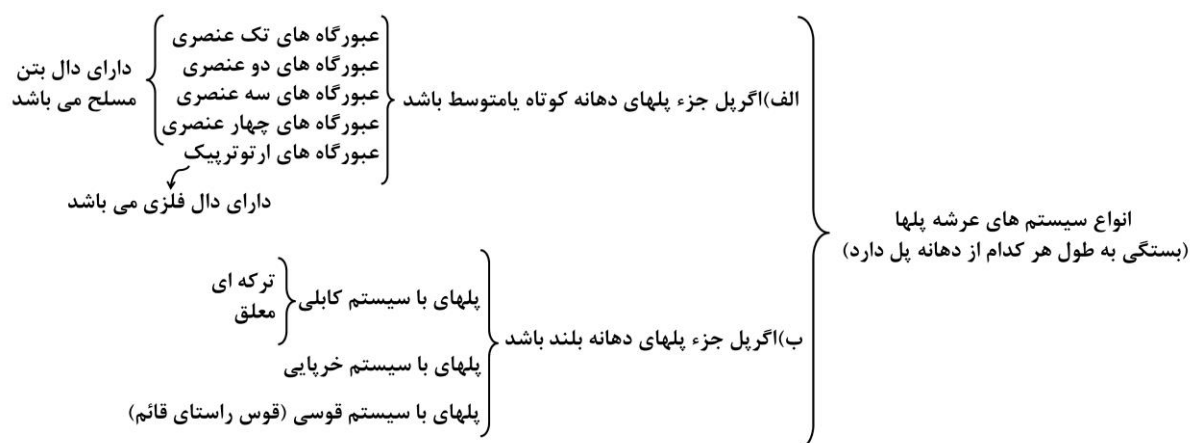
بزرگترین و تنهاسایت دانلودرایگان مقالات و پروژه های عمرانی

www.masoudbahrampoor.ir

فصل سوم و چهارم :

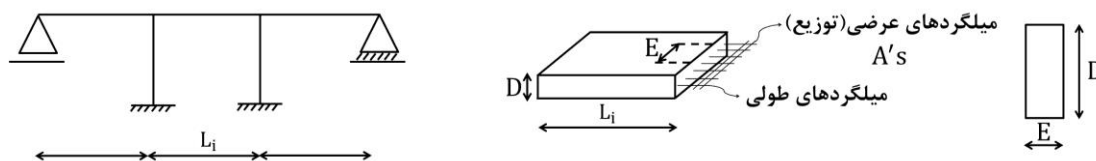
معرفی و طبقه بندی انواع سیستم های عبورگاه پلها و نیز معرفی انواع روش های تحلیل و توزیع بار اعمالی به پلها در راستای عرضی :

سیستم پلها از لحاظ باربری به طول دهانه پلها بستگی دارد . بدین معنا که ممکن است یک سیستم عبورگاه پل در محدوده ای از طول دهانه مناسب و در مقابل استفاده از آن سیستم در محدوده دیگری از طول دهانه پل غیر مناسب باشد بر این اساس سیستم های مربوط به راه یا عرشه پلها به صورت زیر طبقه بندی می شوند :



معرفی عبورگاه های تک عنصری :

اصطلاحاً به این نوع از عبورگاه ها ، عبورگاه تخت یا صفحه ای گفته می شود . این نوع از عبورگاه ها تشکیل شده اند از یک دال تخت بتن مسلح بر اساس شکل زیر :



میلگردهای طولی : تحمل خمش ناشی از بارهای اعمالی به پل

D : ضخامت دال عبورگاه تک عنصری .

E : پهنای موثر عبورگاه پل که بار یک ردیف چرخ وسیله نقلیه به آن اعمال می شود .

$$\frac{D}{L_i} \begin{cases} \frac{1}{15} \rightarrow \text{دهانه ساده} \rightarrow \text{اتصال پایه به عرشه مفصلی} \\ \frac{1}{20} \rightarrow \text{دهانه یکسره} \rightarrow \text{اتصال پایه به عرشه گیردار} \end{cases}$$

$$E = 1.22 + 0.06L_i \leq 2.1\text{m}$$

$$A's = (\alpha \%)As$$

$$\alpha \% = \frac{55}{\sqrt{L_i}} \% \leq 50\%$$

اگر پل تک دهانه با عبورگاه تک عنصری : $E = 1.22 + 0.06L_i \leq 2.1\text{m}$

$$E = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots}{3 \dots}$$

اگر پل چند دهانه با عبورگاه تک عنصری :

مثال ۳: برای یک پل دارای یک دهانه و با عبور گاه تک عنصری با طول دهانه 15 متر است ، مطلوبست :

محاسبه حداکثر لنگر خمشی و حداکثر نیروی برشی اعمال شده به پل با توجه به حالت‌های زیر :

حالت اول : برای بارگذاری بار زنده از کامیون ۴۵ تنی ایران استفاده گردد .

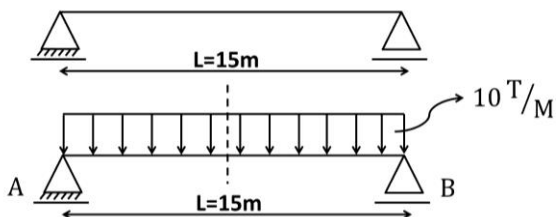
حالت دوم : برای بارگذاری بار زنده از بار خطی معادل ایران استفاده گردد .

حالت سوم : برای بارگذاری بار زنده از بار تانک استفاده گردد .

برای هر سه حالت بالا مقدار بار مرده اعمالی به پل $W_{D.L} = 10 \text{ T/m}$ و ضریب ضربه دینامیکی در صورت نیاز لحاظ گردد .

یادآوری : ضریب ضربه دینامیکی در صورت نیاز برای حالت اول و دوم است و در حالت سوم نداریم .

حل : محاسبه حداکثر برش و لنگر ناشی از بار مرده برای هر سه حالت :



$$V_{Dmax} = R_A = R_B = \frac{W_{D.L} \times L}{2} = \frac{10 \times 15}{2} = 75 \text{ Ton}$$

$$V_{Dmax} = M_C = \frac{W_{D.L} L^2}{8} = \frac{10 \times 15^2}{8} = \frac{281}{25} \text{ T.M}$$

محاسبه ضریب ضربه دینامیکی با استفاده از آیین نامه ایران :

$$I = 1 + \frac{6}{10+L} \leq 1.3 \rightarrow I = 1 + \frac{6}{10+15} = 1 + 0.24 = 1.24 \leq 1.3 \text{ ok} \rightarrow I = 1.24$$

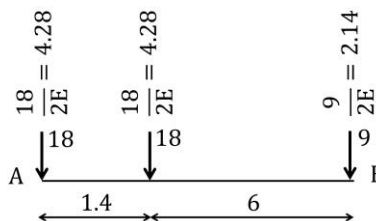
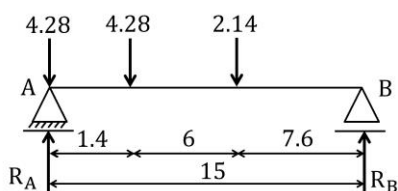
نکته : اگر جواب از 1.3 بیشتر شد حداکثر همون 1.3 را در نظر می گیریم .

محاسبه پهنای موثر ناشی از اعمال یک ردیف بار چرخ وسیله نقلیه :

$$E = 1.22 + 0.06 L \leq 2.1\text{m} \rightarrow E = 1.22 + 0.06(15) = 2.12\text{m} \geq 2.1 \rightarrow E = 2.1\text{m}$$

نکته : اگر جواب بیشتر از 2.1 شد در نتیجه حداکثر همان $E=2.1$ را در نظر می گیریم .

حالت اول : محاسبه حداکثر لنگر و برش ناشی از بار زنده مربوط به کامیون ۴۵ تنی ایران :



$$V_{1max} = R_A$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow -15 R_A + 4.28 \times 15 + 4.28 \times 13.6 + 2.14 \times 7.6 = 0 \rightarrow R_A = 9.24 \text{Ton}$$

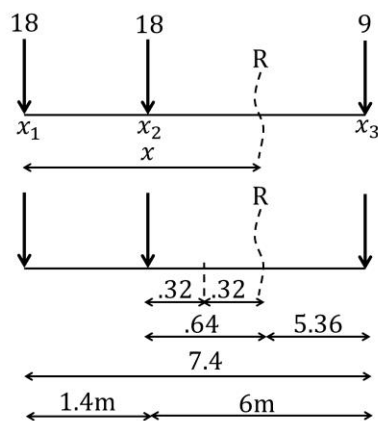
$$V_{max} = V_{1max} + V_{Dmax} + I V_{1max} = 9.24 + 75 + 1.24 \times 9.24 = 95.72 \text{Ton}$$

$$V_{1max} \rightarrow \text{مربوط به بار زنده} \quad V_{Dmax} \rightarrow \text{مربوط به بار مرده} \quad I V_{1max} \rightarrow \text{ضریب ضربه دینامیکی}$$

$$M_{max} = M_{1max} + M_{Dmax} + I M_{1max} \quad \text{محاسبه لنگر:}$$

نکته ۱: حداکثر لنگر max ناشی از اعمال چند بار متمرکز به یک دیگر بر روی نقطه اثر یکی از آن بارهای متمرکز معمولاً ایجاد می گردد.

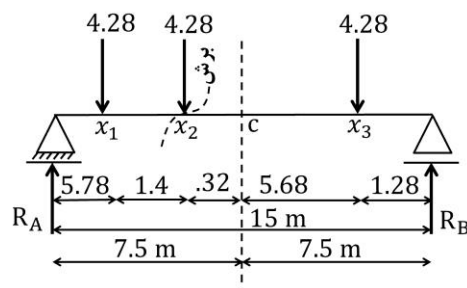
نکته ۲: نیروی متمرکزی که فاصله اش با برآیند نیروهای متمرکز نزدیکتر است، در نقطه اثرش حداکثر لنگر خمشی ایجاد می گردد.



$$\sum M_{x_1} = 0 \rightarrow 0 + 18 \times 1.4 + 9 \times 7.4 = R \times x$$

$$\rightarrow x = \frac{91.8}{45} = 2.04 \rightarrow M_{1max} = M_{x_2}$$

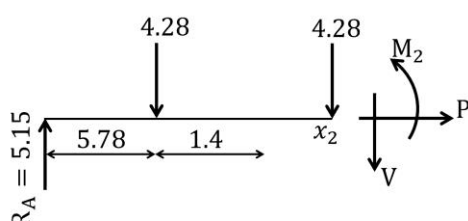
نکته ۳: بارهای متمرکز باید به گونه ای بر روی تیر قرار داده شوند که نقطه وسط بین نیروی برآیند و نزدیکترین نیروی متمرکز به نیروی برآیند دقیقاً در مرکز تیر قرار بگیرد.



$$M_{1max} = M_{x_2}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow -15 R_A + 4.28 \times 9.22 + 4.28 \times 7.82 + 2.14 \times 1.82 = 0 \rightarrow$$

$$R_A = \frac{76.83}{15} = 5.12 \text{ Ton}$$

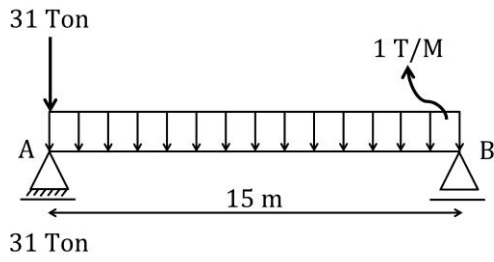


$$\sum M_{x_2} = 0 \rightarrow M_{x_2} + 4.28 \times 1.4 - 5.12 \times 7.18 = 0 \rightarrow$$

$$M_{x_2} = -30.77 \quad M_{x_2} = 30.77 \text{Ton}$$

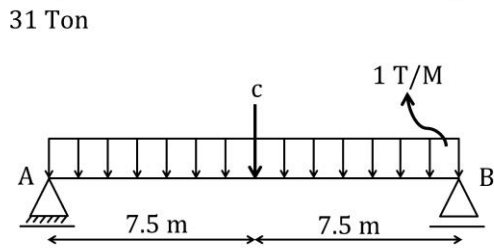
$$M_{max} = M_{1max} + M_{Dmax} + I M_{1max} = 30.77 + 281.25 + 1.24 \times 30.77 = 350.17 \text{ T.M}$$

حالت دوم : محاسبه :



$$V_{max} = V_{2max} = V_{Dmax} = I V_{2max} = ?$$

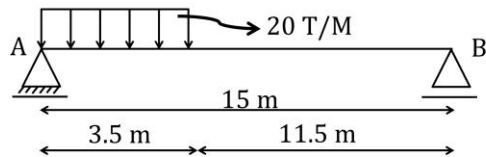
$$V_{2max} = R_A$$



$$M_{max} = M_{2max} = M_{Dmax} = I M_{2max} = ?$$

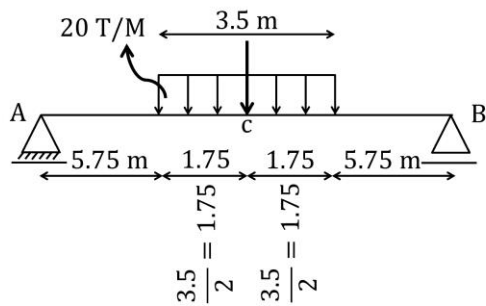
$$M_{2max} = M_c$$

حالت سوم : محاسبه :




$$V_{max} = V_{3max} = V_{Dmax} = ?$$

$$V_{3max} = R_A$$



$$M_{max} = M_{3max} = M_{Dmax} = ?$$

$$M_{3max} = M_c$$

<p>www.masoubbahrampoor.ir – بزرگترین و تنها سایت دانلود رایگان پروژه ها و مقالات دانشجویی عمران</p>	<p>اصول مهندسی پل</p>	<p>مهندس احسان جهانفکر</p>	
<p>تمرینات فصل</p>	<p>۵- برای یک پل دارای یک دهانه و با عبور گاه تک عنصری با طول دهانه 20 متر است ، مطلوبست : محاسبه حداکثر لنگر خمشی و حداکثر نیروی برشی اعمال شده به پل با توجه به حالت‌های زیر : حالت اول : برای بارگذاری بار زنده از کامیون ۴۵ تنی ایران استفاده گردد . حالت دوم : برای بارگذاری بار زنده از بار خطی معادل ایران استفاده گردد . حالت سوم : برای بارگذاری بار زنده از بار تانک استفاده گردد . برای هر سه حالت بالا مقدار بار مرده اعمالی به پل $W_{D.L} = 5 \text{ T/m}$ و ضریب ضربه دینامیکی در صورت نیاز لحاظ گردد .</p>		
<p>تمرینات فصل</p>	<p>۶- برای یک پل دارای یک دهانه و با عبور گاه تک عنصری با طول دهانه 5 متر است ، مطلوبست : محاسبه حداکثر لنگر خمشی و حداکثر نیروی برشی اعمال شده به پل با توجه به حالت‌های زیر : حالت اول : برای بارگذاری بار زنده از کامیون ۴۵ تنی ایران استفاده گردد . حالت دوم : برای بارگذاری بار زنده از بار تانک استفاده گردد . برای هر دو حالت بالا مقدار بار مرده اعمالی به پل $W_{D.L} = 4 \text{ T/m}$ و ضریب ضربه دینامیکی در صورت نیاز لحاظ گردد .</p>		

**** توضیح : در قبال هر گونه اشتباهات تایی**

(اعداد و حروف و محاسبات و ...) مدیر سایت مسؤلیتی ندارد .