

اصول مهندسی پل



فصل دوم

مشخصات و اجزای پل

مدرس: دکتر محمد رضا میر جلیلی

دانشگاه یزد- نیم سال اول ۹۵-۹۶

(توضیح: مطالب این جزوه در حد اختصار بوده و توضیحات تکمیلی در کلاس درس ارائه خواهد شد)



۱- مشخصات هندسی پل

۱-۱- عرض پل

عرض آزاد پل: فاصله خالص بین دو لبه جدول می باشد که مساوی عرض روسازی به علاوه عرض شانه های خاکی می باشد.

عرض روسازی: عرض هر خط عبور برای راه های شوسه درجه ۱: ۳.۶۵ متر

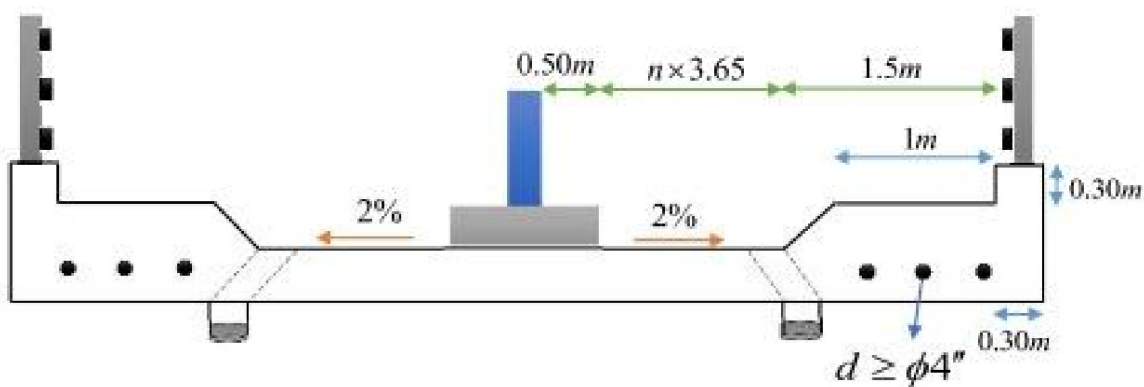
عرض مجموع دو خط برای راه های روستایی درجه ۱: ۵.۵ متر

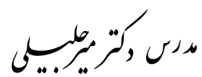
عرض مجموع دو خط برای راه های روستایی درجه ۲: ۴ متر

عرض شانه های خاکی: بین ۰.۷۵ تا ۳ متر

عرض پیاده روی پل در پل های شهری: بین ۱ تا ۱.۵ متر

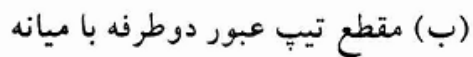
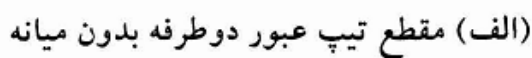
طبق نشریه ۱۶۱ (طرح هندسی راه ها) حداقل عرض پیاده رو ۱.۲ متر می باشد.





فصل دوم: مشخصات و اجزای پل

نام درس: اصول مہندی پل

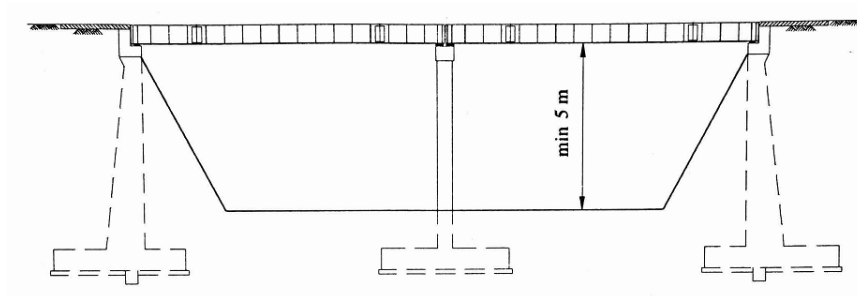


مقطع متداول پل در ایران با پیاده‌رو و جان‌پناه.



۱-۲- ارتفاع پل

ارتفاع مفید برای عبور وسایل نقلیه از زیر پل، که از وری آسفالت جاده تا زیر عرشه پل در نظر گرفته می‌شود، باید حداقل ۵ متر اختیار شود.



برای پل‌های راه‌های جاده‌ای طبق آیین‌نامه ۵.۶ متر منظور می‌گردد و برای پل‌های راه آهن بین ۶ تا ۶.۳ انتخاب می‌شود.



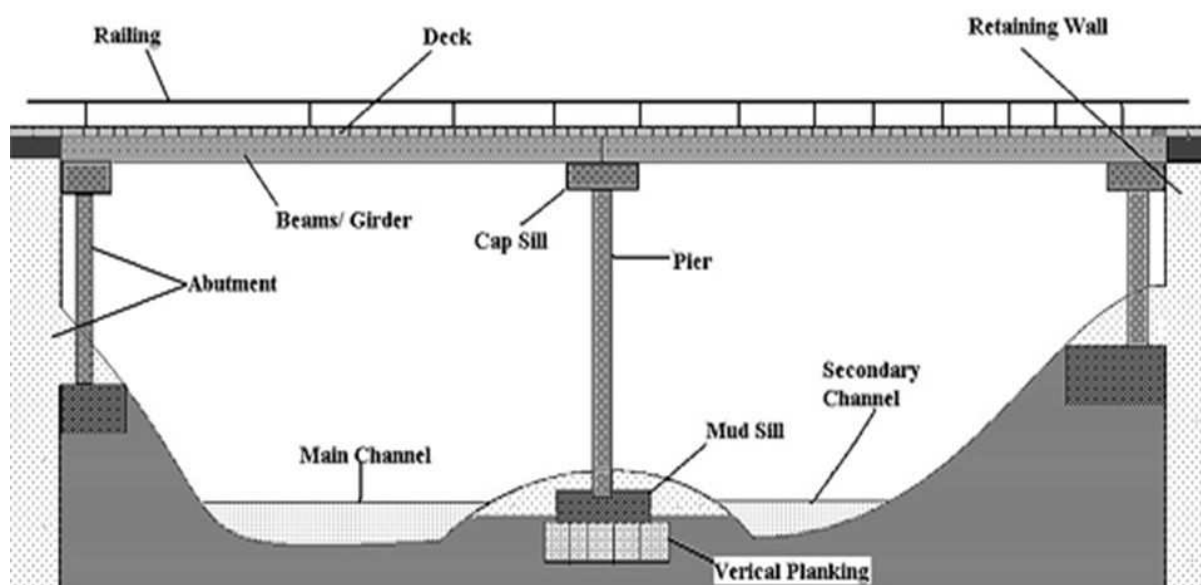


۲- اجزای پل

سازه پلها دارای دو بخش اصلی یعنی روسازه و زیرسازه هستند. بخش فوقانی پل که بارهای وسائل نقلیه به طور مستقیم به آن وارد می شود روسازه نام دارد. پایه های میانی و انتهایی (کوله) نیز اجزای زیرسازه را تشکیل می دهند. شالوده نیز از اجزای زیر سازه به شمار می رود.



Beam Bridge Timber- Framed



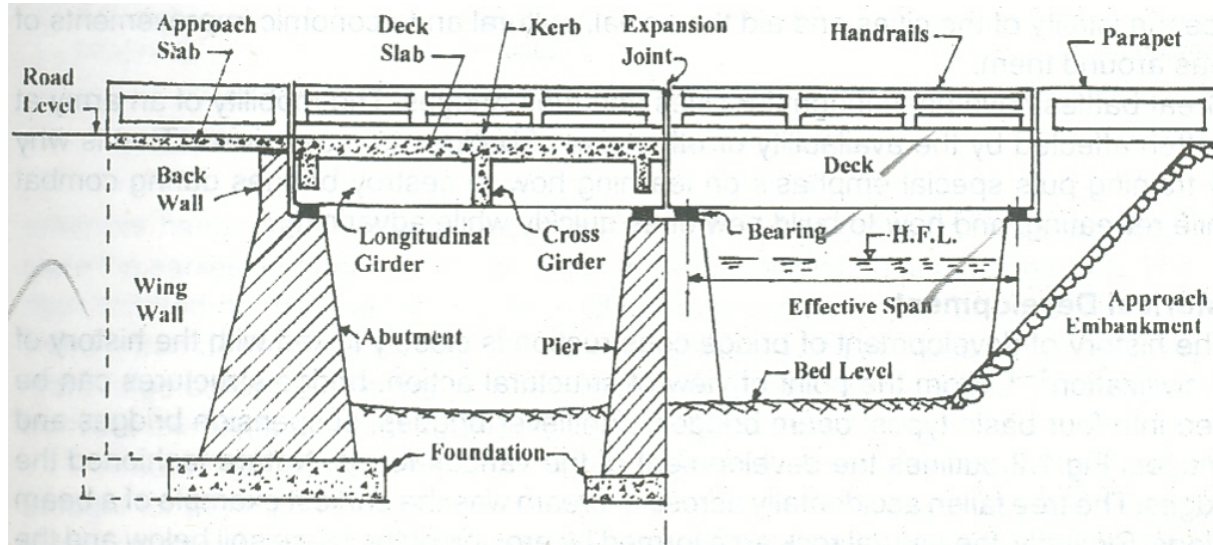


Figure 1.1 Components of a Typical Bridge.

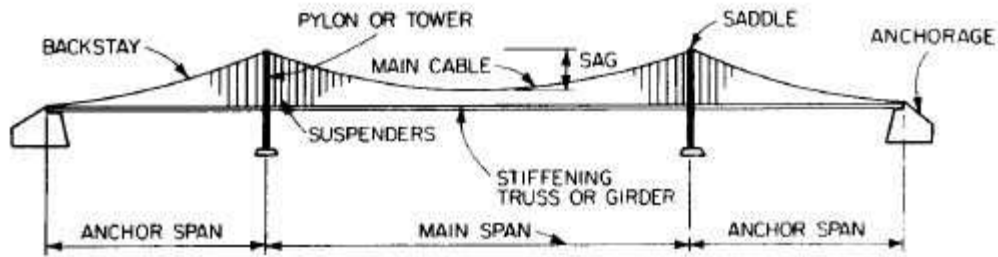
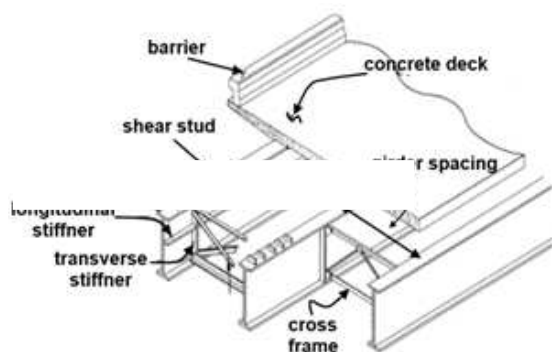


FIGURE 15.8 Main components of a suspension bridge.

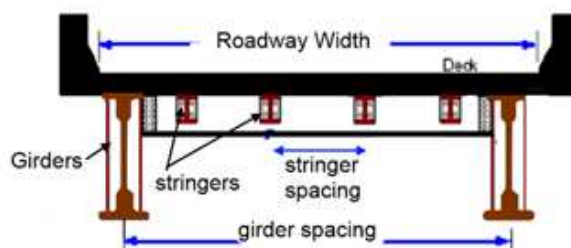


۲-۱- روسازه یا عرشه

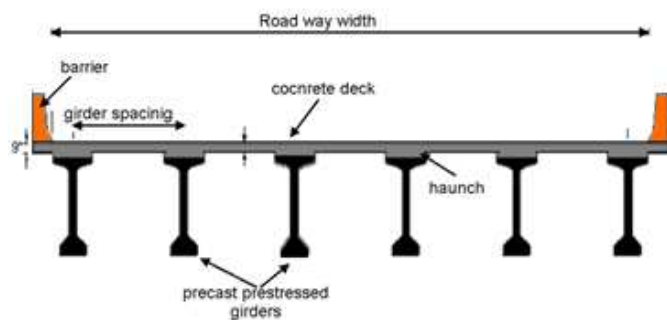
مجموعه‌ای از اجزای باربر ثقیلی پل که وظیفه انتقال بار وسایل نقلیه را به زیر سازه بر عهده دارد عرشه نامیده می‌شود. لازم است عرشه از صلبیت و سختی کافی برخوردار باشد تا از دیدگاه لرزه‌ای بارهای اینرسی را به صورت یک دیافراگم یکپارچه به زیر سازه منتقل کند. عرشه معمولاً از یک صفحه فوقانی (فولادی یا دال بتنی)، شاهیترها، دیافراگم عرضی، کلیدهای برشی داخلی و خارجی تشکیل می‌شود. اجزای عرشه عمدتاً رفتار خمشی دارند.



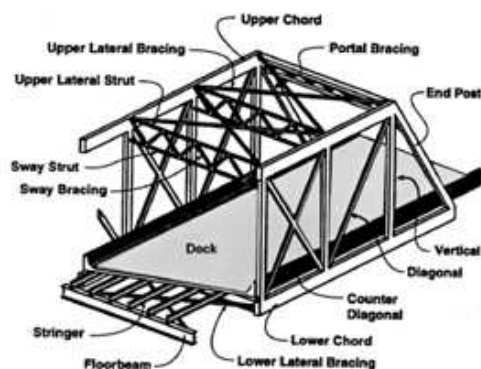
a) Steel girder Bridge



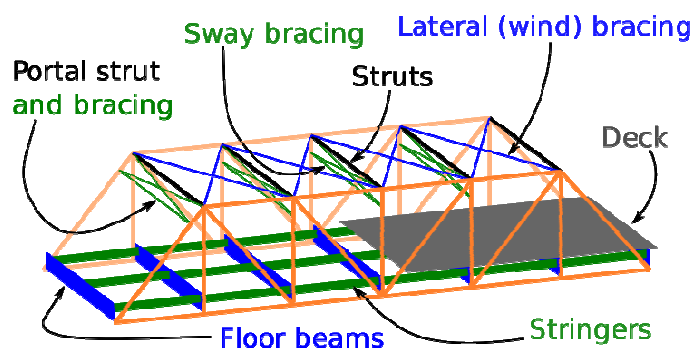
b) Steel Stringer Bridge



c) Prestressed concrete girder Bridge



d) Truss Bridge



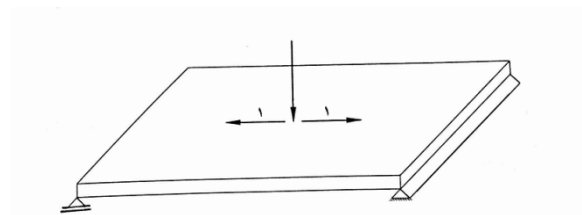


۲-۱-۱- انواع عرشه از دیدگاه سیستم انتقال بار

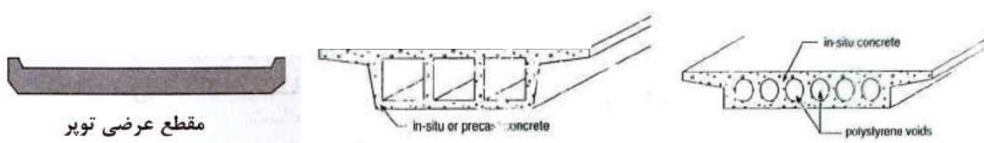
روسازه یا عبورگاه به چهار رده اصلی از دیدگاه انتقال بار تقسیم می‌شوند: عبورگاه تک عنصری (شامل دال)، دو عنصری (دال و شاهتیر)، سه عنصری (دال، شاهتیرها، تیرهای عرضی) و چهار عنصری (دال، تیرچه‌های طولی، تیرهای عرضی و شاهتیرها).^۱

الف) عرشه تک عنصری

این نوع عرشه از یک دال بتن مسلح توپر یا مجوف تشکیل شده است. برای دهانه‌های ساده این نوع عرشه‌ها تا دهانه ۷ متر و برای دهانه‌های یکسره، تا دهانه ۱۴ متر اقتصادی می‌باشند. نسبت ارتفاع مقطع به طول دهانه (D/L) در دهانه‌های ساده در حدود ۱/۱۵ و در دهانه‌های یکسره در حدود ۱/۲۰ است. در این عرشه‌ها میلگردهای اصلی در امتداد محور طولی پل قرار می‌گیرند و در امتداد عرضی، فقط یکسری میلگردهای اسمی که به نام میلگردهای توزیع معروفند، قرار داده می‌شوند.



انواع مقطع عرشه تک عنصری در شکل زیر نشان داده شده است.

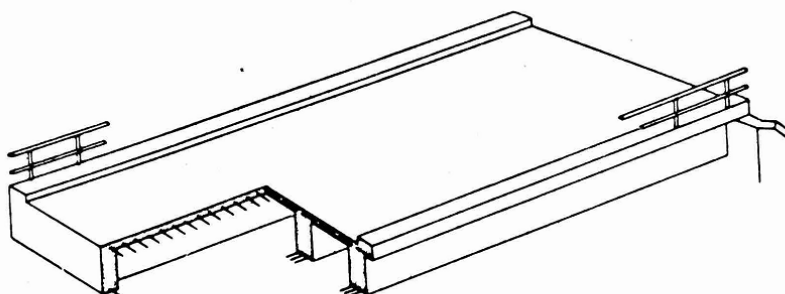
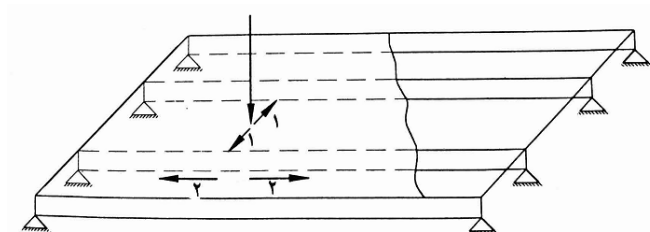


^۱ این مطالب از کتاب طراحی پل تألیف شاپور طاحونی برگرفته شده است.



ب) عرشه دو عنصری

متشکل از تیرهای حامل متعدد می باشد که یک دال بتن مسلح یا فولادی در روی آنها قرار دارد. دال به عنوان عنصر شماره ۱، بار را به تیرهای طولی و تیرها به عنوان عنصر شماره ۲، بار را به تکیه گاه منتقل می نمایند.



$$\left. \begin{array}{l} 7.5 \text{ m} < L < 30 \text{ m} \\ \frac{D}{L} = \frac{1}{15} \text{ تا } \frac{1}{14} \end{array} \right\}$$

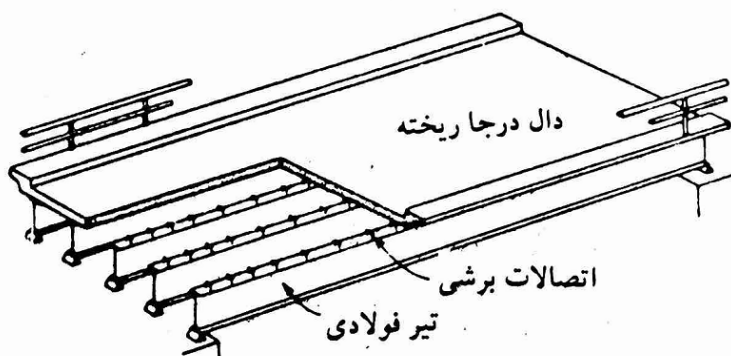
دهانه یکسره

$$\left. \begin{array}{l} 7.5 \text{ m} < L < 30 \text{ m} \\ \frac{D}{L} = \frac{1}{14} \text{ تا } \frac{1}{11} \end{array} \right\}$$

دهانه ساده

$D =$ ارتفاع کل عرشه پل

شکل ۱- عرشه دو عنصری با تیرهای بتنی درجا



حداکثر تغییر مکان قائم
وسط دهانه تحت بار زنده +
ضربه برای پل های جاده مساوی

$$\frac{1}{800} \text{ دهانه و برای پل های}$$

$$\text{راه آهن } \frac{1}{640} \text{ دهانه می باشد.}$$

همچنین آیین نامه آشتو مقرر می دارد:

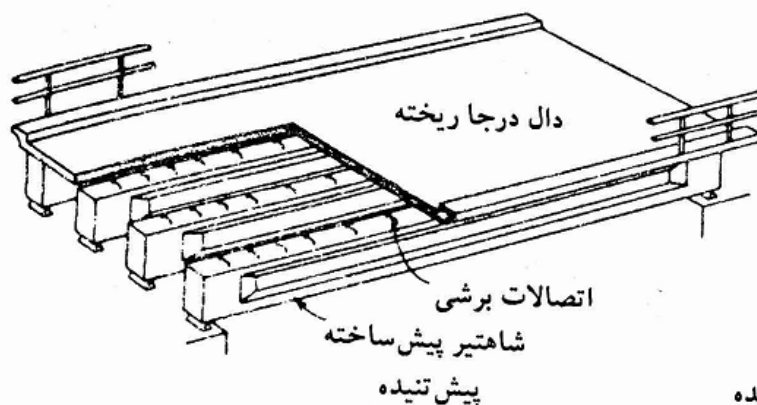
$$\frac{D}{L} > \frac{1}{25} \text{ تیر فولادی تنها}$$

$$\frac{D}{L} > \frac{1}{25} \text{ مرکب (تیرورق + دال)}$$

$$\frac{D}{L} > \frac{1}{30} \text{ تیر فولادی در مقطع مرکب}$$

$$\left. \begin{array}{l} 18 \text{ m} < L < 30 \text{ m} \\ \frac{D}{L} = \frac{1}{16} \sim \frac{1}{20} \end{array} \right\} \text{ دهانه و نسبت } \frac{D}{L} \text{ معمول}$$

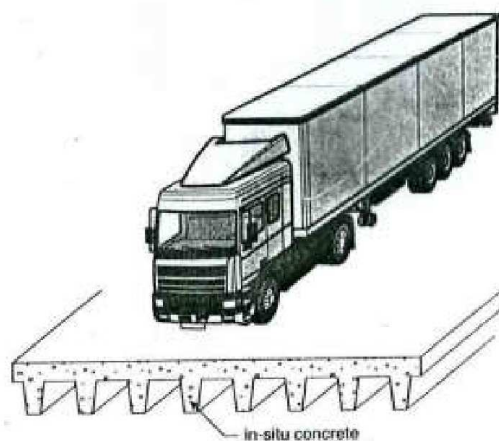
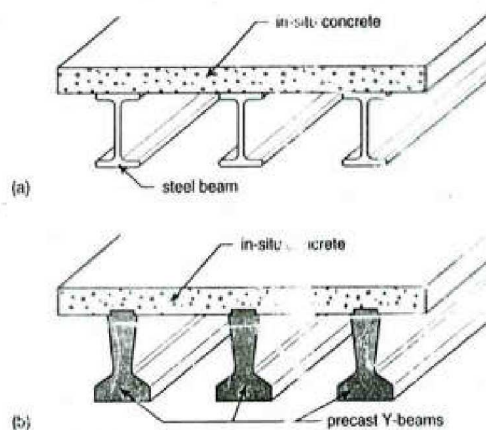
شکل ۲- عرشه دو عنصری با تیرهای فولادی



$$\frac{D}{L} = \frac{1}{16} \sim \frac{1}{18} \text{ تیر پیش تنیده}$$

$$\text{فاصله معمول تیرهای I} = 2.1 \sim 2.7 \text{ m}$$

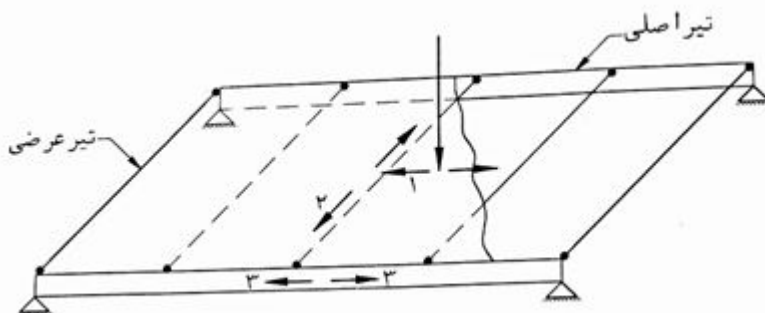
شکل ۳- عرشه دو عنصری با تیرهای پیش تنیده بتنی





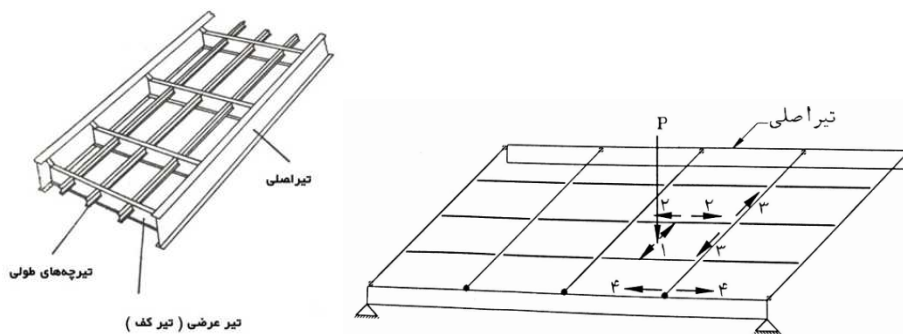
پ) عرشه سه عنصری

عرشه سه عنصری متشکل از دو تیر اصلی، تیرهای عرضی (تیرکف) و دال بتن مسلح می‌باشد. دال بار را به تیرهای عرضی، تیرهای عرضی به تیرهای حمال طولی و تیرهای حمال بار را به تکیه‌گاه منتقل می‌نمایند.



ت) عرشه چهار عنصری

عرشه چهار متشکل از دو تیر اصلی، تیرهای عرضی (تیر کف)، تیرچه‌های طولی، و دال بتن مسلح می‌باشد. دال بار را به تیرچه‌های طولی، تیرچه‌ها به تیر عرضی، تیر عرضی به تیرهای اصلی و تیرهای اصلی آن را به تکیه‌گاه منتقل می‌نمایند.





۲-۲- زیرسازه

به بخش تحتانی پل که وظیفه انتقال بارها از روسازه به شالوده را برعهده دارد زیرسازه گویند. زیرسازه شامل پایه‌های میانی و انتهایی است که در نواحی انتهایی به کوله معروف است.

۱-۲-۲- پایه های میانی

سیستم های پایه های میانی پل می توانند به یکی از صورت های زیر باشند:

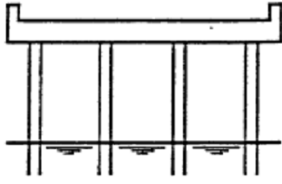
- ۱- پایه‌های دیواری بتنی مسلح
- ۲- ستون‌های تک یکپارچه با عرشه
- ۳- تک ستون شامل سرستون
- ۴- چند ستون بدون سرستون یکپارچه با عرشه
- ۵- قاب‌های خمشی چند ستونی شامل سرستون



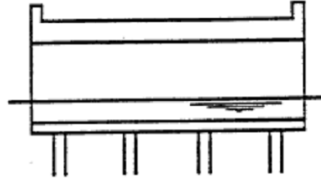




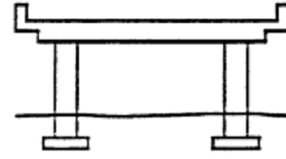




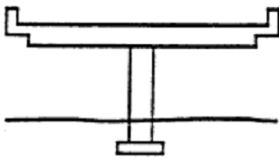
(a) Pile Bents



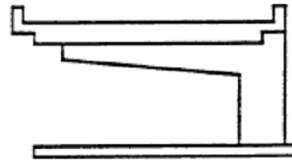
(b) Solid Pier



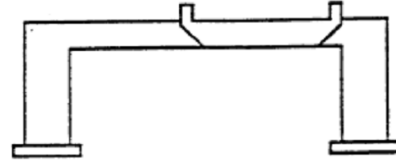
(c) Column Bent



(d) "T" Bent



(e) "C" Bent



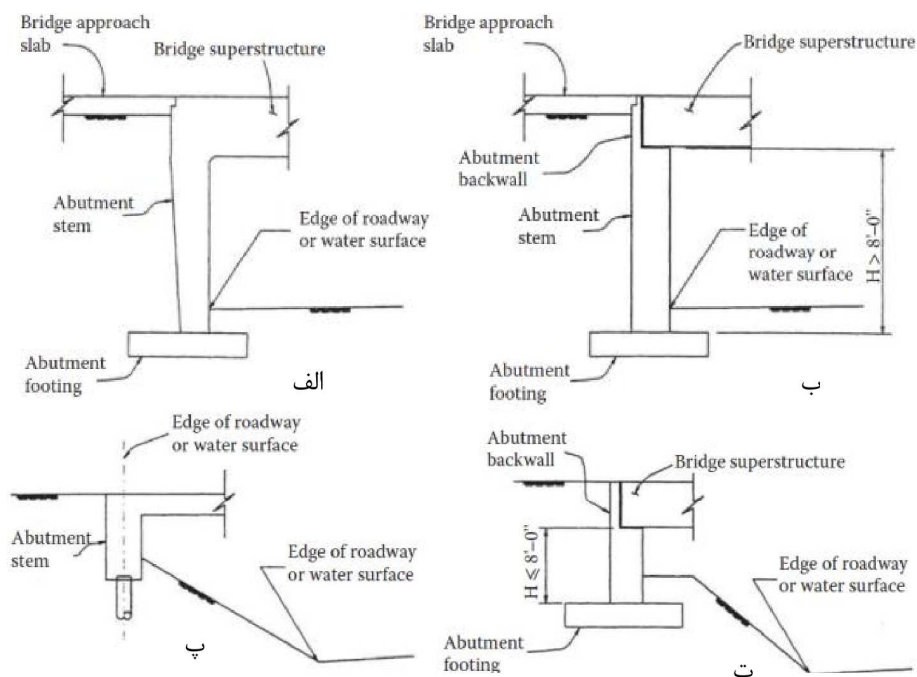
(f) Outrigger Bent

Type of bridge pier	Height				Remarks
	10	20	30		
Column-type pier Wall-type pier					Hollow-wall type is included. 
Rigid-frame pier (single layer)	5	15			
Rigid-frame pier (double layer)		15	25		
Two-post-type pier		15			In the case of reinforced concrete hollow deck slab 

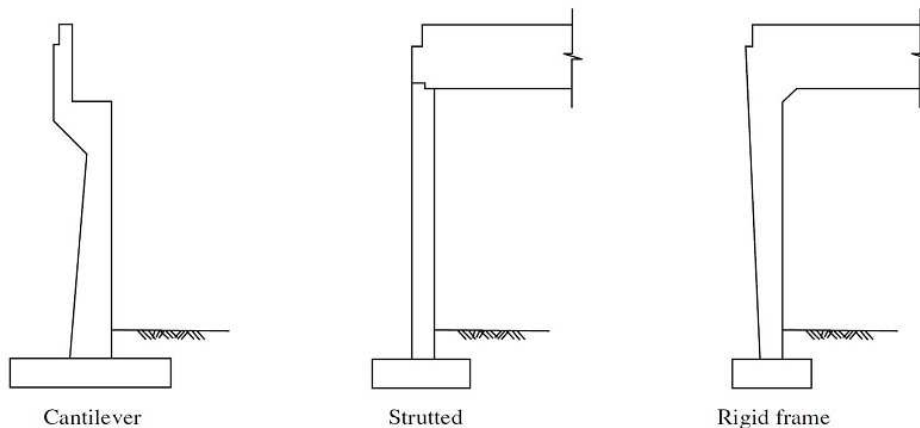


۲-۲-۲- پایه های کناری (کوله)

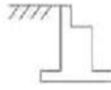
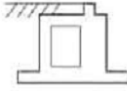
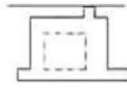
پایه های کناری پل ها کوله نامیده می شوند. کوله ها را می توان از نظر شیب خاکریز جلوی آنها به دو نوع باز و بسته و از نظر پیوستگی با روسازه به دو نوع یکپارچه و نشیمن طبقه بندی نمود.



شکل ۲-۳۸ الف- کوله بسته یکپارچه، ب- کوله بسته نشیمن با ساق بلند، پ- کوله بسته یکپارچه، ت- کوله باز نشیمن با ساق کوتاه





Type of abutment	Height				Remarks
	10	20	30		
Inverted T-type abutment (earth pressure reducing method)	6 ----- ----- (-----)	15 -----			
Rigid-frame abutment	----- -----	15 -----			
Box-shaped abutment		15 -----			
Abutment with front embankment	h ----- ----- H -----	5 7 -----			