

هفته پژوهش
دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت
گروه مهندسی عمران

وبینار تخصصی گروه مهندسی عمران



موضوع: فناوری پیش تنیدگی در طراحی و اجرای
سقف های بتنی (یک طرفه و دوطرفه)
تبادل اطلاعات طراحی و پرسش و پاسخ های مرتبط با این مبحث

دکتر حسین معز

ورود برای علاقمندان آزاد و رایگان است

علاقمندان پس از باز کردن لینک زیر گزینه میهمان را انتخاب کرده و نام و نام خانوادگی خود را وارد کنند

<http://lms.iaurasht.ac.ir/fanavari1>

شماره پشتیبانی: ۰۹۱۱۴۹۱۶۲۹

زمان: ۲۸ آذر ماه ۱۴۰۰ ساعت: ۱۵ الی ۱۹



تیم پژوهشی



گروه مهندسی



مدیریت آموزشی



مدیریت

سرفصلها:

- تعریف پیش تنیدگی و مزایای آن
- کاربرد پیش تنیدگی در سقفهای بتنی
- معرفی تیرچه بتنی پیش تنیده و بررسی فرآیند ساخت
- اصول طراحی تیرچه ها و نکات اختصاصی
- نکات طراحی سازه های بتنی با تیرچه پیش تنیده
- پرسش و پاسخ



دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

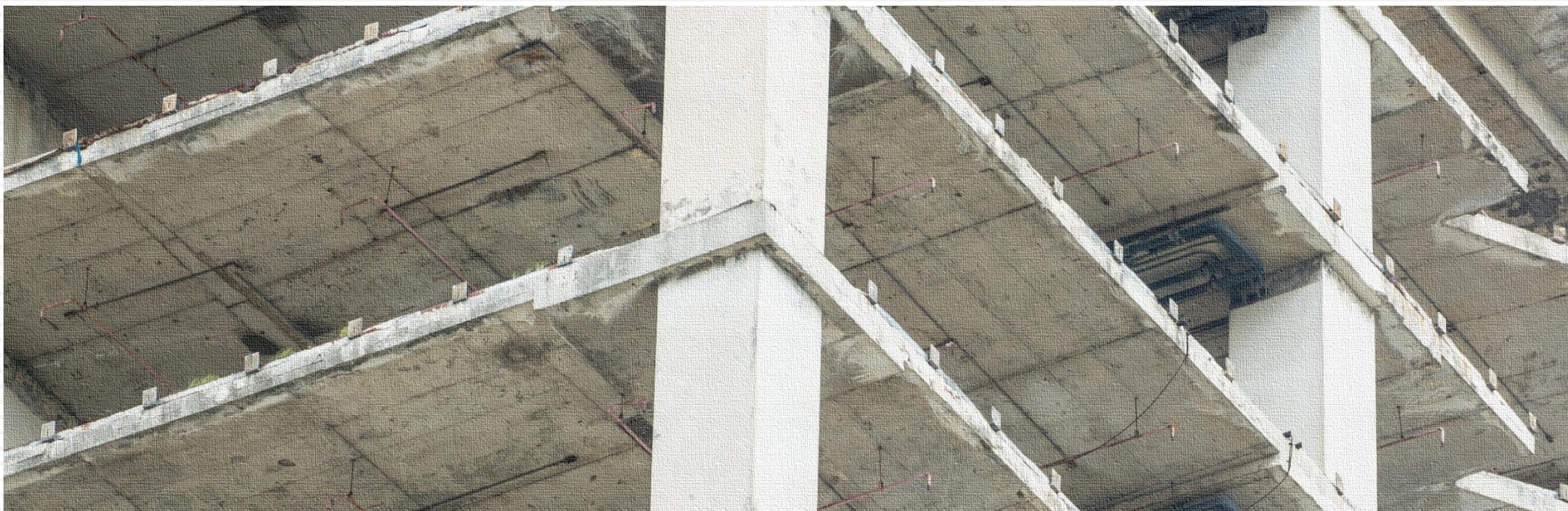
فناوری پیش تنیدگی در طرح و اجرای سقف های بتنی

(یکطرفه و دو طرفه)

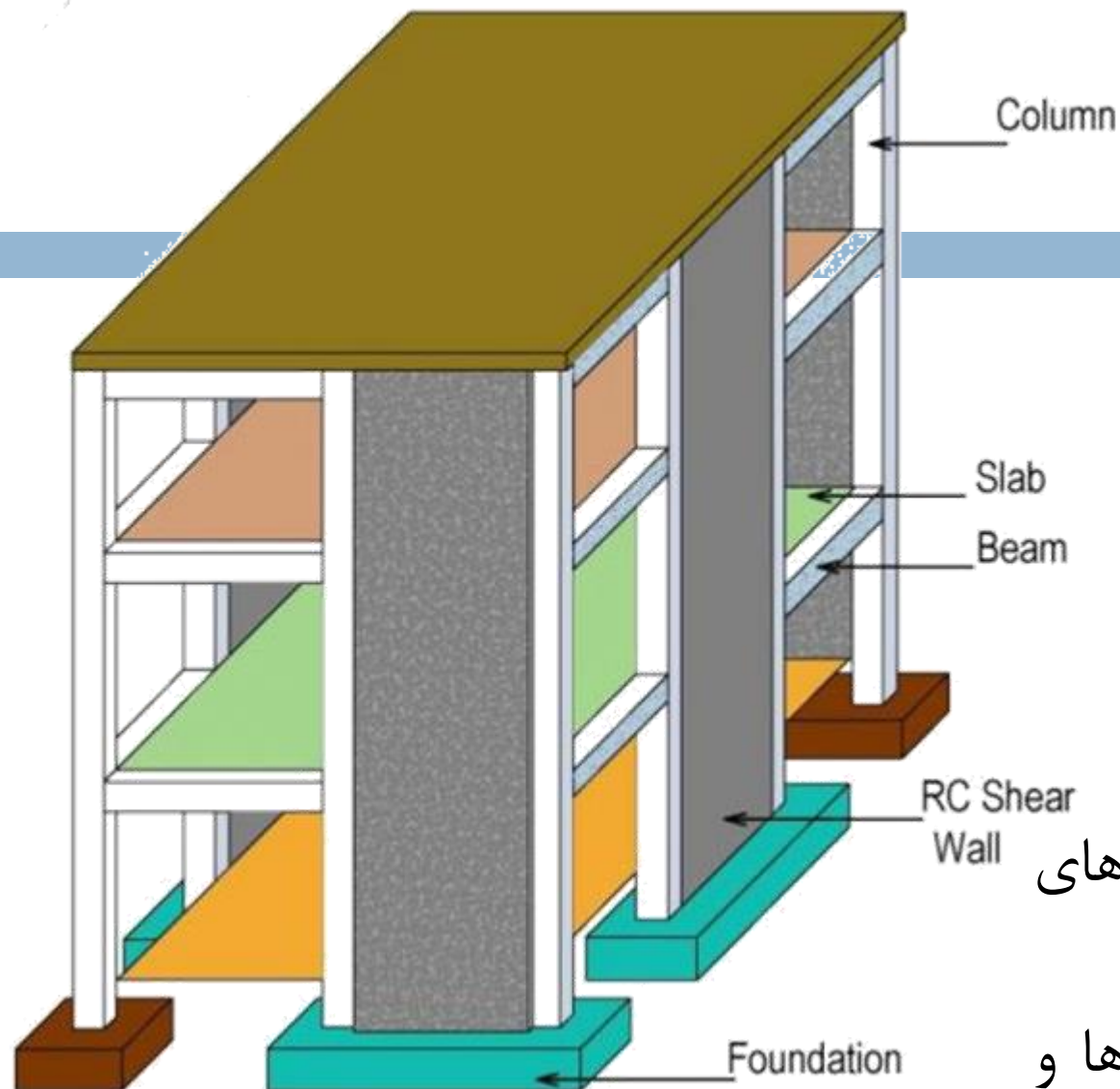
1400/09/28

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

ارائه: دکتر حسین معز



اجزای اصلی سازه های ساختمانی:



۱- سیستم ثقیلی

۲- سیستم لرزه ای

۳- دیافراگم های کف

سقفهای بتنی دو نقش اساسی دارند:

- انتقال نیروهای قائم ناشی از بارگذاری های ثقیلی

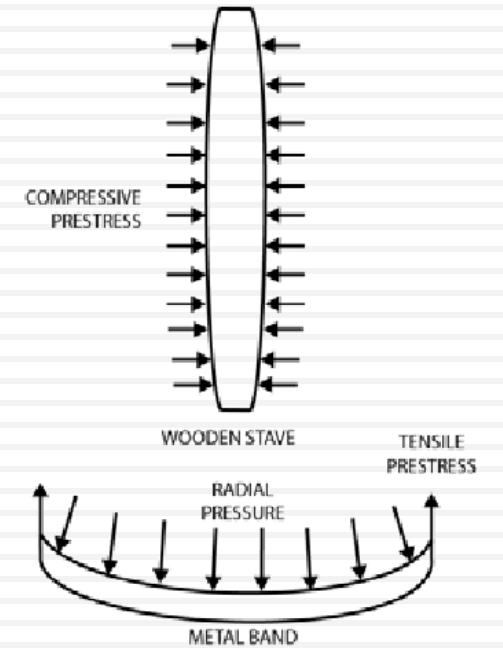
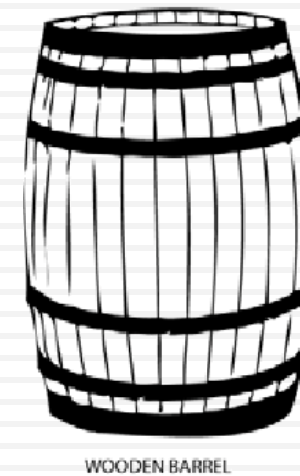
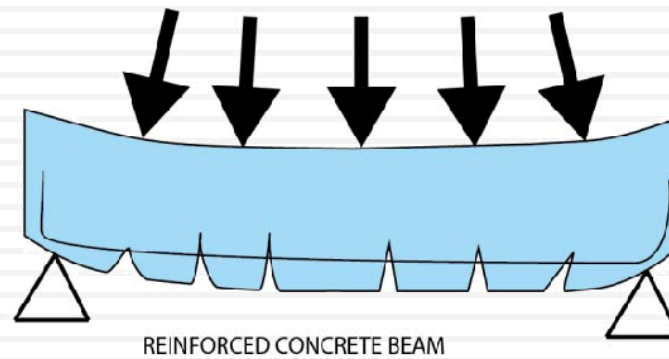
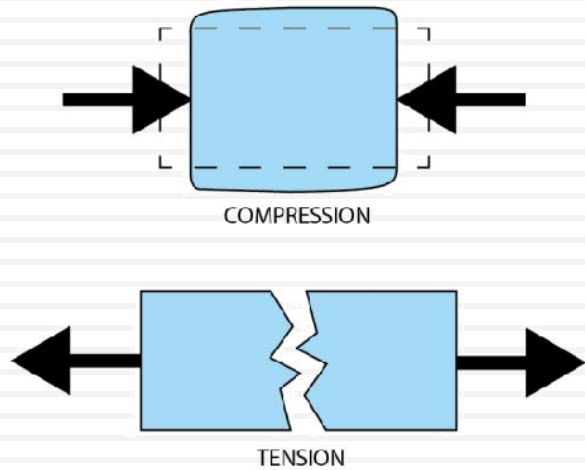
- توزیع نیروهای افقی باد و زلزله به تیرها و ستونها و دیوارهای باربر

خرابی های سقف ها

4



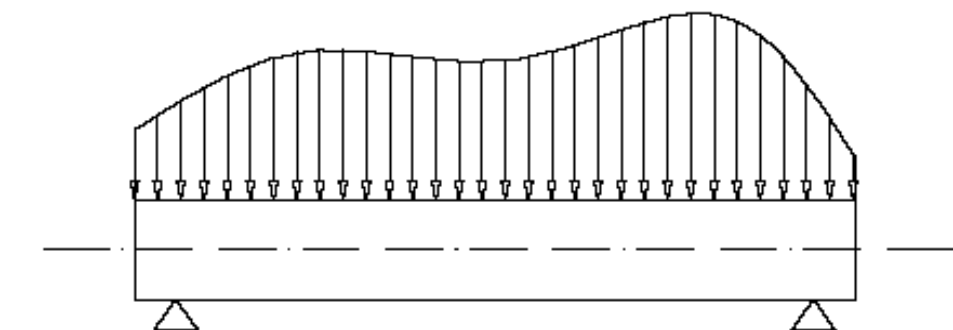
پیش‌تندگی چیست؟



تعریف

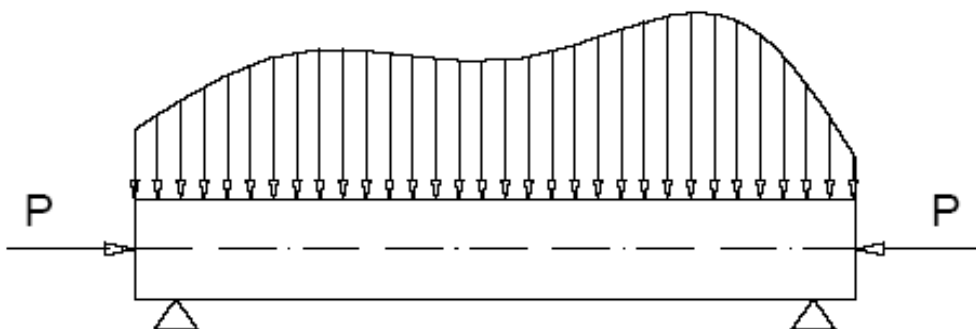
6

□ پیش‌تنی‌دگی عبارت است از ایجاد یک تنش ثابت و دائمی در یک عضو بتنی به نحوه دلخواه و به اندازه لازم.



$$f_1 = \frac{M}{W_1}$$

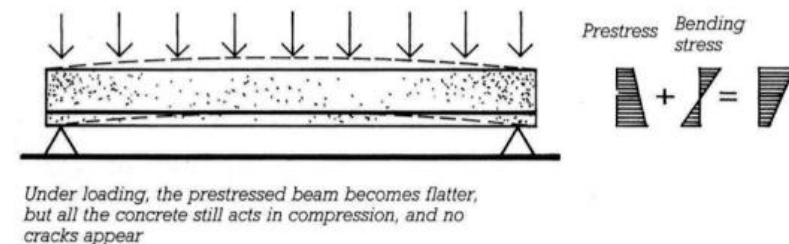
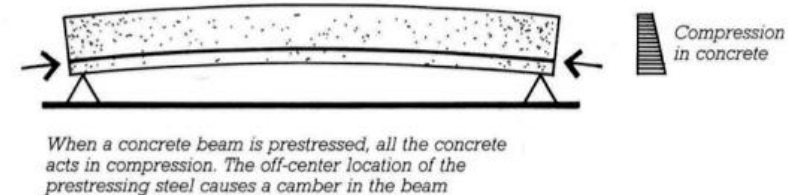
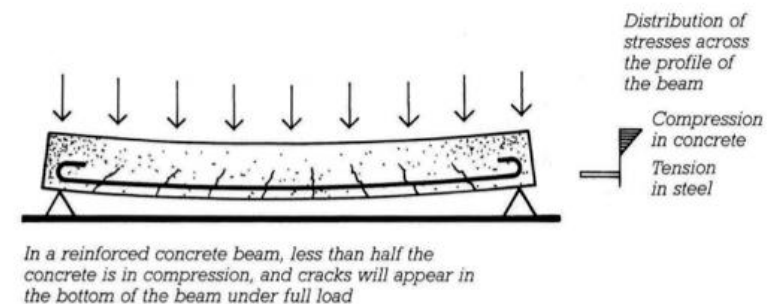
$$f_2 = \frac{M}{W_2}$$



$$f_1 = \frac{M}{W_1}$$

$$f_2 = \frac{M}{W_2}$$

$$f' = \frac{P}{A}$$



تاریخچه



پل Medway در حال ساخت

□ در سال ۱۸۸۶ برای اولین بار بتن پیش‌تنیده در ایالات متحده آمریکا توسط جکسون به ثبت رسید.

□ دو سال بعد در آلمان اولین دال بتنی پیش‌تنیده توسط دوه‌رینگ ساخته شد.

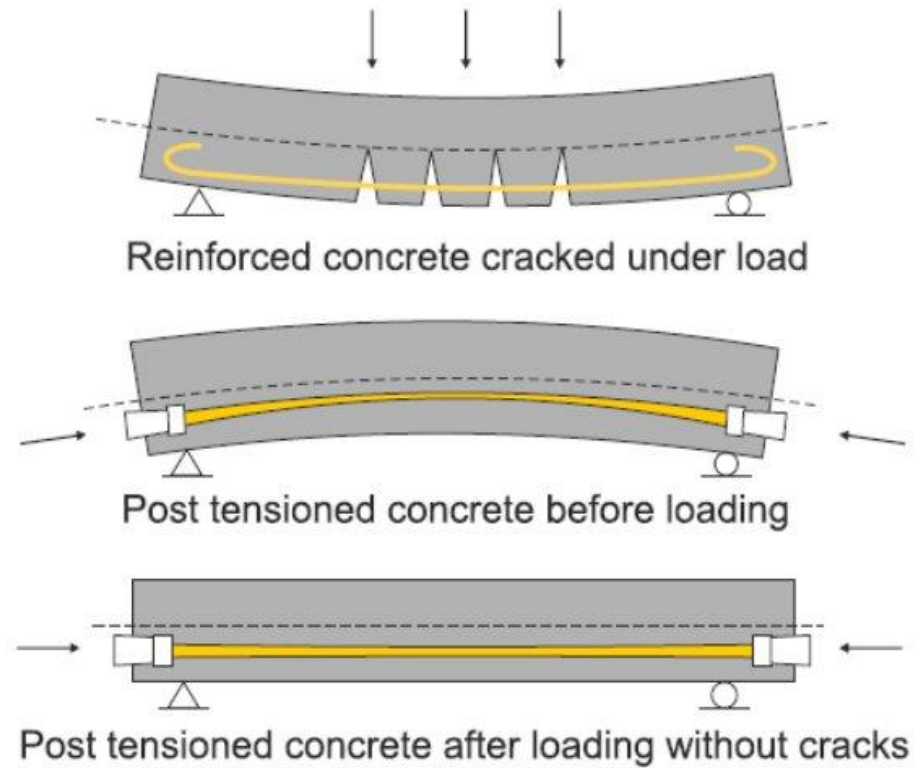
□ سال ۱۹۲۸ که Freyssinet توانست با استفاده از فولادهای پر مقاومت درصد از دست رفتن تنش ناشی از خزش و انقباض بتن به تنش اولیه پیش‌تنیدگی را کاهش دهد

□ پل‌سازی پیش‌تنیده به‌دست Freyssinet متداول شد و از نمونه‌های جدید پل‌های پیش‌تنیده در اروپا می‌توان پل Medway (با دهانه ۱۵۲ متر) و پل Bendorf (با دهانه ۲۰۸ متر) را نام برد.

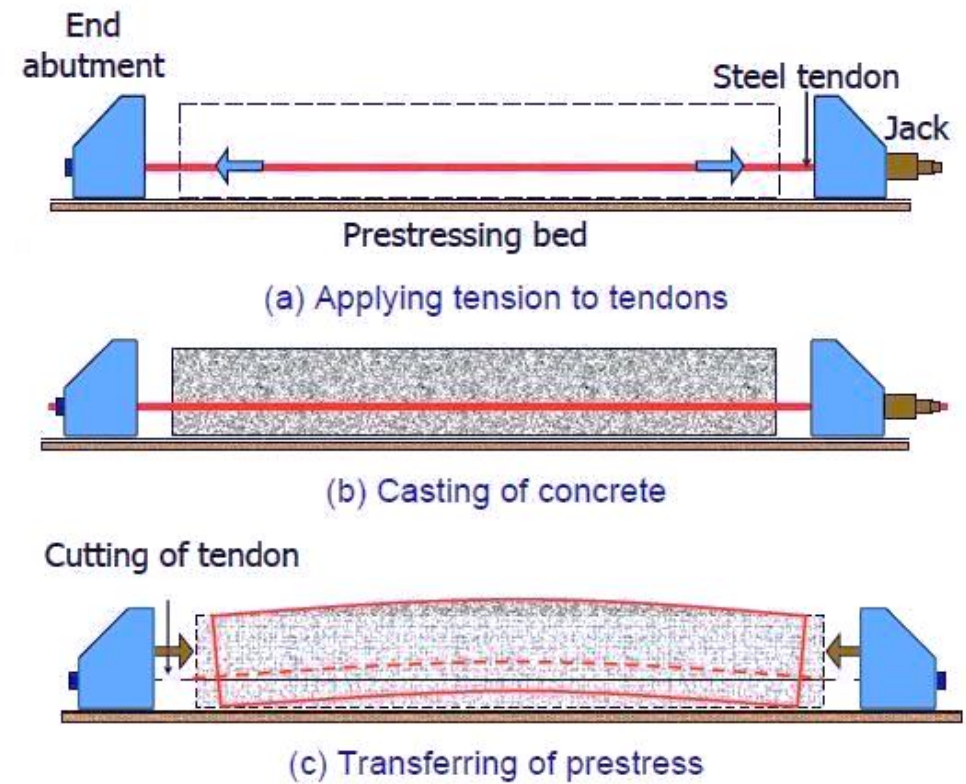
انواع پیش تنیدگی

8

□ بر حسب نوع اعمال نیروی پیش تنیدگی، دو نوع عضو پیش تنیده وجود دارد:



عضو پس کشیده



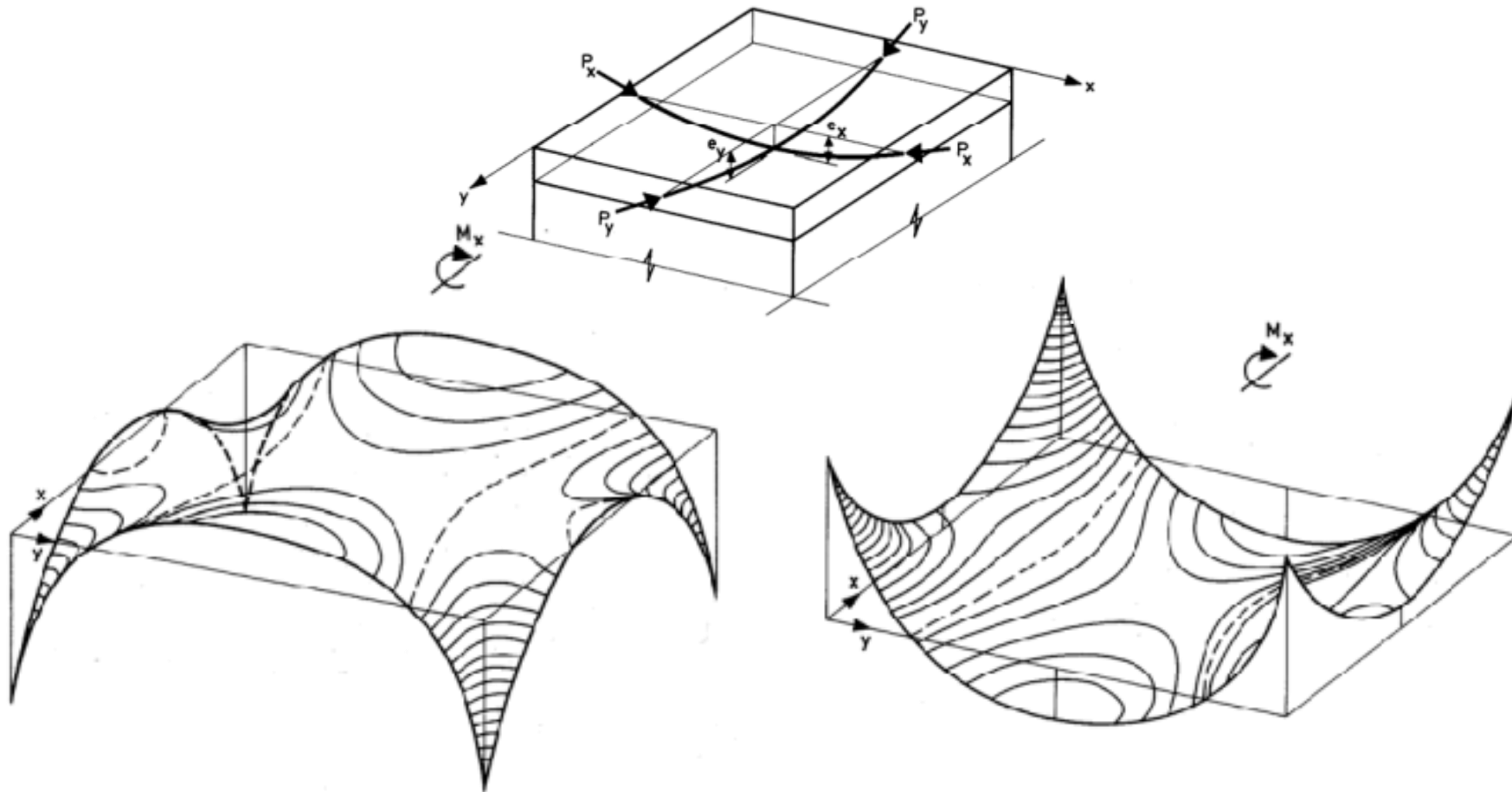
عضو پیش کشیده





توزیع تنش در دال تخت پس کشیده

11

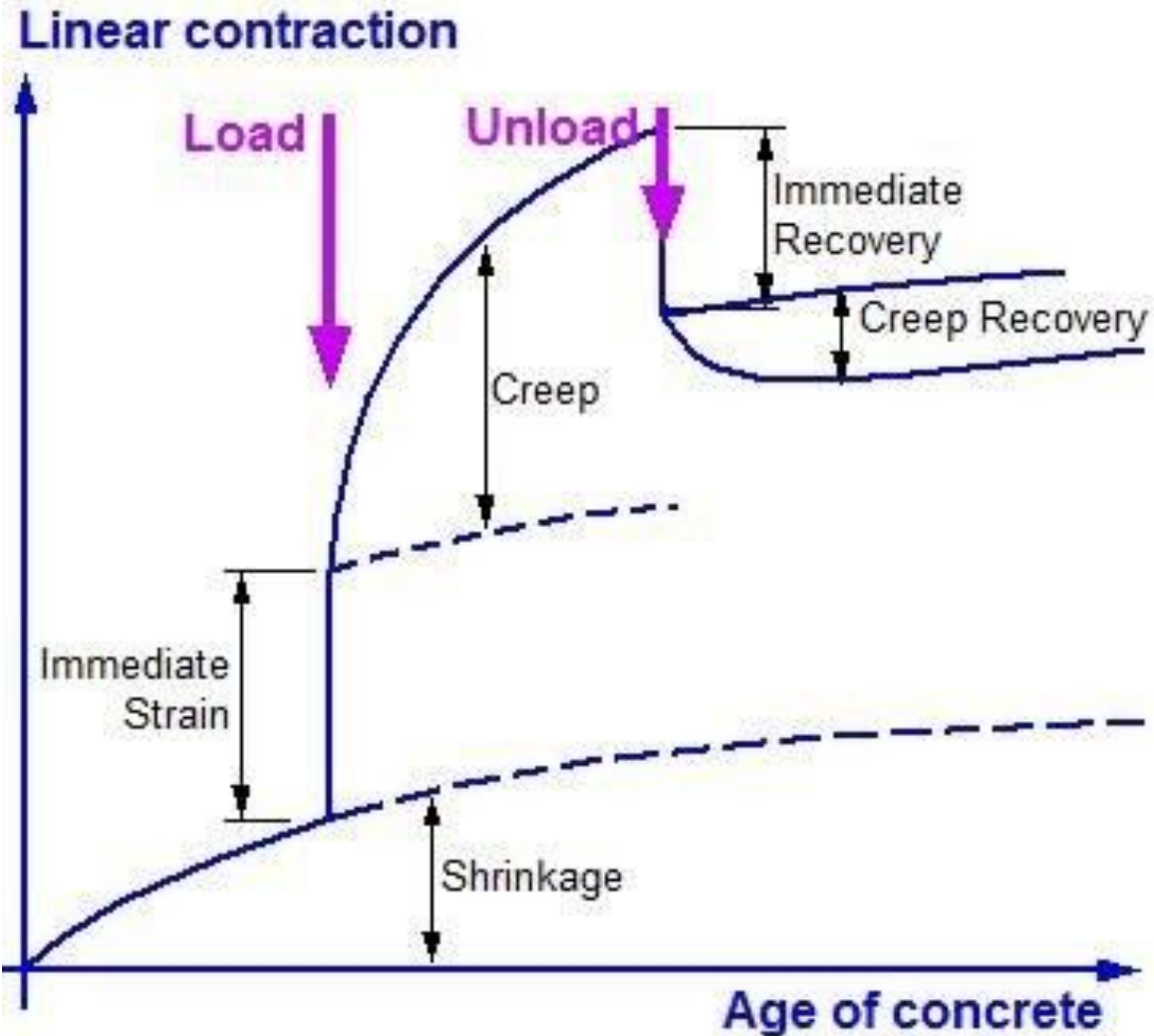


توزیع لنگر ناشی از پیش تنیدگی در دال تخت

توزیع لنگر خمشی در دال تخت تحت بارهای وارده

بتن در سفت های پیش تنیده

12



□ بتن درسازه های بتنی پیش تنیده، باید دارای مقاومت بالاتری نسبت به بتن مصرفی در سازه های بتن آرمه معمولی باشد.

□ خواص خزش و افت بتن بایستی تحت کنترل باشد.

پدیده خزش (مبحث مهم مقررات ملی ساختمان)

13

AS 3600:2018

48

3.1.8 Creep

3.1.8.1 General

The creep strain at any time (t) caused by a constant sustained stress (σ_o) shall be calculated from—

$$\varepsilon_{cc} = \varphi_{cc} \sigma_o / E_c \quad \boxed{\varphi_{cc} = k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 \varphi_{cc,b}} \quad \dots 3.1.8.1$$

where

E_c = mean modulus of elasticity of the concrete at 28 days

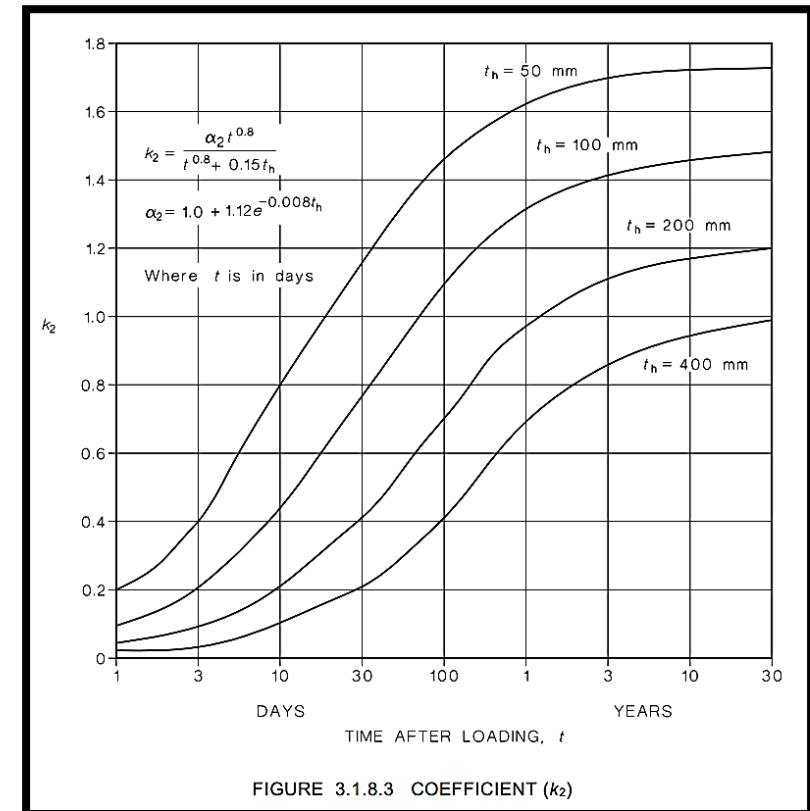
φ_{cc} = design creep coefficient at time (t) determined in accordance with Clause 3.1.8.3

TABLE 3.1.8.2

BASIC CREEP COEFFICIENT

Characteristic strength (f'_c), MPa	20	25	32	40	50	65	80	100
Basic creep coefficient ($\varphi_{cc,b}$)	5.2	4.2	3.4	2.8	2.4	2.0	1.7	1.5

□ خزش بتن بر اساس آیین نامه بتن استرالیا ارایه شده است:



$$k_3 = 2.7/[1 + \log(\tau)] \text{ for } \tau \geq 1 \text{ day}$$

$$k_4 = 0.70 \text{ for an arid environment, } 0.65 \text{ for an interior environment, } 0.60 \text{ for a temperate inland environment and } 0.50 \text{ for a tropical or near-coastal or coastal environment}$$

$$k_5 = \text{a modification factor for high strength concrete, which shall be taken as—}$$

$$k_5 = 1.0 \quad \text{when } f'_c \leq 50 \text{ MPa; or}$$

$$k_5 = (2.0 - \alpha_3) - 0.02(1.0 - \alpha_3) f'_c \quad \text{when } 50 \text{ MPa} < f'_c \leq 100 \text{ MPa}$$

the factor $\alpha_3 = 0.7/(k_4 \alpha_2)$; and α_2 is defined in Figure 3.1.8.3

k_6 accounts for the non-linear creep that develops at sustained stress levels in excess of $0.45 f_{cmi}$:

$$k_6 = 1.0 \quad \text{when } \sigma_o \leq 0.45 f_{cmi}$$

$$k_6 = e^{1.5 \left(\frac{\sigma_o}{f_{cmi}} - 0.45 \right)} \quad \text{when } \sigma_o > 0.45 f_{cmi}$$

TABLE 3.1.8.3

**FINAL CREEP COEFFICIENTS (AFTER 30 YEARS)
FOR CONCRETE FIRST LOADED AT 28 DAYS**

15

f'_c (MPa)	Final creep coefficient (ϕ_{cc}^*)											
	Arid environment			Interior environment			Temperate inland environment			Tropical, near-coastal and coastal environment		
	t_h (mm)			t_h (mm)			t_h (mm)			t_h (mm)		
	100	200	400	100	200	400	100	200	400	100	200	400
25	4.82	3.90	3.27	4.48	3.62	3.03	4.13	3.34	2.80	3.44	2.78	2.33
32	3.90	3.15	2.64	3.62	2.93	2.46	3.34	2.70	2.27	2.79	2.25	1.90
40	3.21	2.60	2.18	2.98	2.41	2.02	2.75	2.23	1.87	2.30	1.86	1.56
50	2.75	2.23	1.89	2.56	2.07	1.73	2.36	1.91	1.60	1.97	1.59	1.33
65	2.07	1.75	1.53	1.95	1.66	1.46	1.84	1.59	1.38	1.61	1.38	1.23
80	1.56	1.40	1.29	1.50	1.36	1.25	1.45	1.32	1.22	1.33	1.23	1.14
100	1.15	1.14	1.11	1.15	1.14	1.11	1.15	1.14	1.11	1.15	1.14	1.11

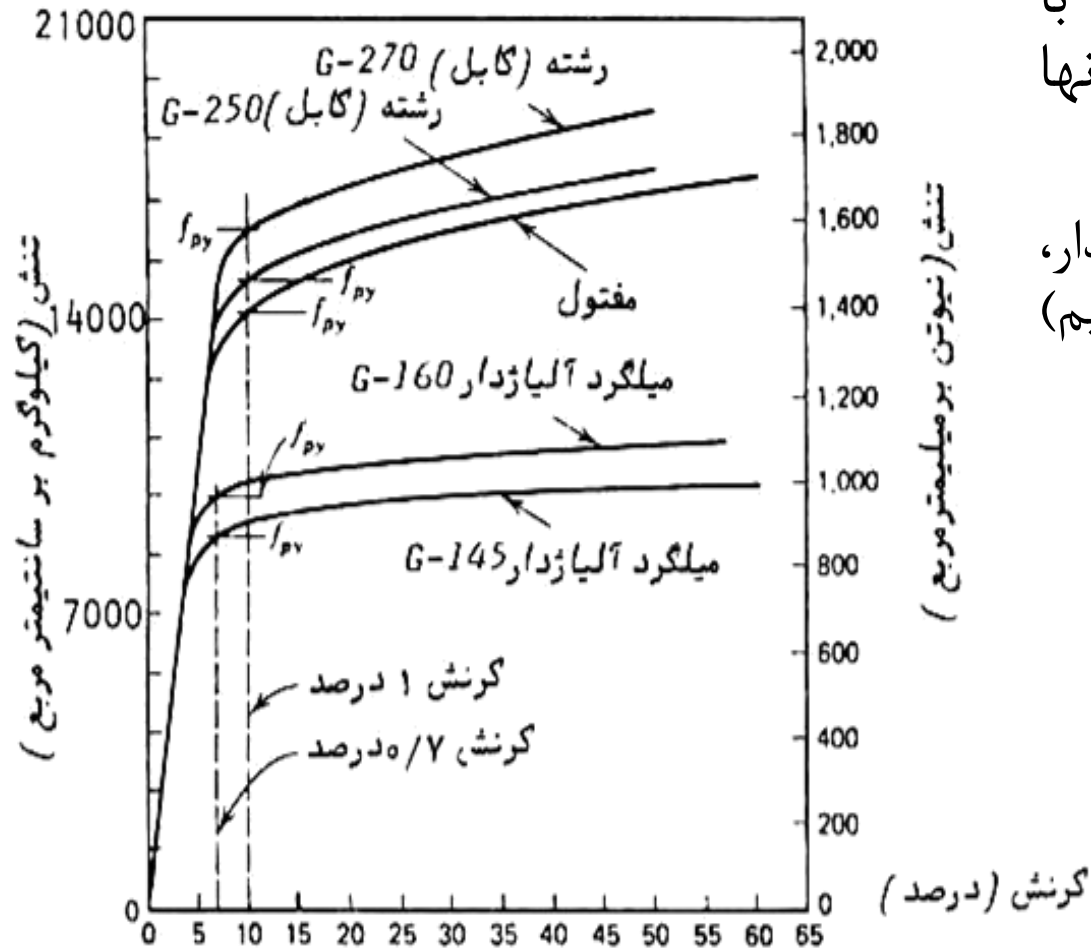
TABLE 3.1.7.2

TYPICAL FINAL DESIGN SHRINKAGE STRAINS AFTER 30 YEARS

f'_c (MPa)	Final design shrinkage strain ϵ_{cs}^* ($\times 10^{-6}$)															
	Arid environment				Interior environment				Temperate inland environment				Tropical, near-coastal and coastal environment			
	t_h (mm)				t_h (mm)				t_h (mm)				t_h (mm)			
	50	100	200	400	50	100	200	400	50	100	200	400	50	100	200	400
25	810	720	590	470	760	670	550	440	710	630	520	410	600	530	440	350
32	800	720	590	470	750	670	560	440	700	630	520	420	600	540	450	360
40	790	710	590	480	740	670	560	450	700	620	530	430	600	540	460	380
50	780	700	590	490	730	660	560	460	690	620	530	440	600	540	470	390
65	770	700	600	510	730	660	570	490	690	630	550	470	610	560	490	420
80	750	690	610	530	720	660	590	510	680	630	560	490	620	570	510	460
100	740	690	620	560	710	660	600	540	680	640	580	530	630	590	540	500

فولاد در بتن پیش تنیده

17



□ مشخصه مهم فولادهای پیش‌تندگی در مقایسه با میلگردهای معمولی، نقطه گسیختگی بسیار بالای آنها می‌باشد.

□ در مفتول‌ها و کابل‌ها، تنش نظیر کرنش ۱٪ و در میلگردهای آلیاژدار، تنش نظیر کرنش ۷/۱۰٪ به عنوان تنش جاری شدن (تنش تسلیم) مورد استفاده قرار می‌گیرد.



نمونہ تست کشش سیم ہا

18

Sample NO	Bar type	True diameter Mm	Nominal diameter Mm	Length A10				Cross section Cm ²
				Lo	Cm	Lf	Cm	
1	5	5	5	10		10.9		0.19625
2	5	5	5	10		10.8		0.19625
3	5	5	5	10		11		0.19625

MECHANICAL CHARACTERISTIC:

Sample	Yield Load KN	Ultimate load KN	Yield strength Kg/cm ²	Ultimate strength Kg/cm ²	% of elongation	Steel grade	Bending force (KN)
1	33.5	37	17070	18854	9		
2	34	38	17325	19363	8		
3	33.7	37.2	17172	18955	10		

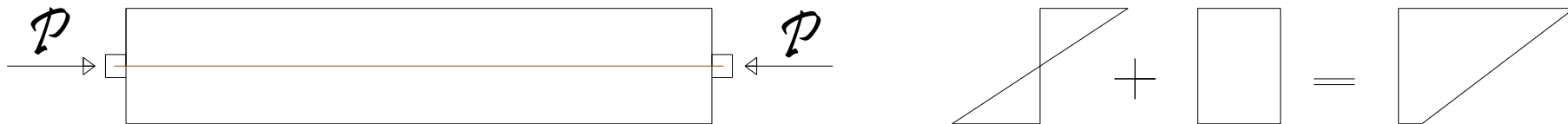
S = smooth bar

D = Deformed bar

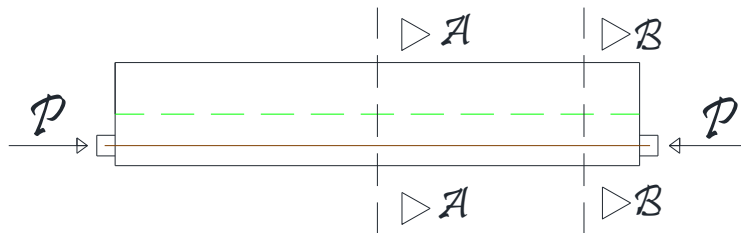
طرح کلی کابلهای پیش تنیدگی

19

□ در صورتی که کابلهای پیش تنیدگی را مطابق شکل زیر در مرکز سطح مقطع تیر جاگذاری کنیم فشار یکنواختی در تمامی ارتفاع تیر ایجاد خواهد شد. برای اینکه این فشار بتواند تمامی کشش را خنثی نماید باید مقدار بزرگی داشته باشد. به این ترتیب فشار وارد به بالاترین نقطه ی تیر که مجموع فشارهای حاصل از نیروی پیش تنیدگی و خمش تیر می باشد ، مقدار بسیار بزرگی خواهد شد و بدین ترتیب بتن بسیار مقاومی لازم است تا بتن به فشار تخریب نشود.



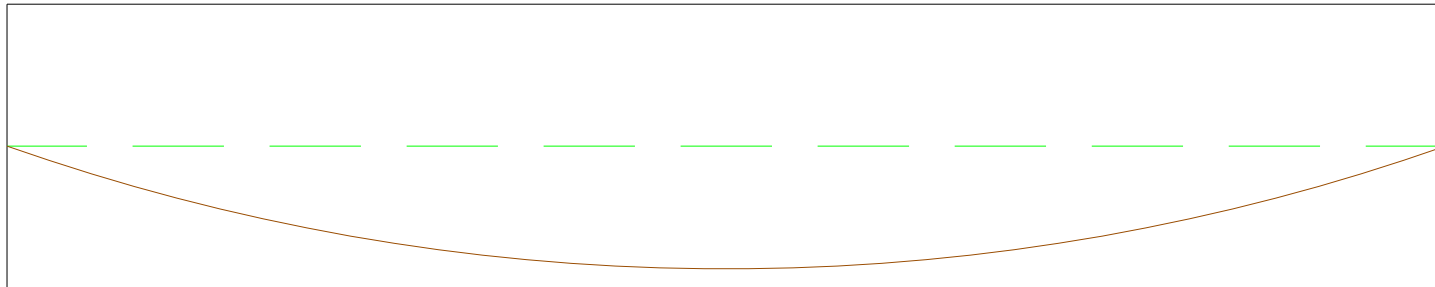
□ جهت حل این مشکل می توانیم کابل‌های پیش تنیدگی را به پایین ترین نقطه ی تیر منتقل کنیم ، به این ترتیب علاوه بر تنش فشاری ناشی از توزیع یکنواخت نیرو در مقطع یک تنش فشاری ناشی از توزیع لنگر P_e خواهیم داشت ، مجموع این دو فشار می تواند به خوبی کشش ناشی از خمش تیر را خنثی کند و در نقاط بالای تیر کشش و فشار ناشی از P و P_e تقریباً همدیگر را خنثی کنند و فشار مضاعفی به تیر وارد نشود ، بدین ترتیب بتن با شرایط معمولی نیز جوابگوی تنش خواهد بود.



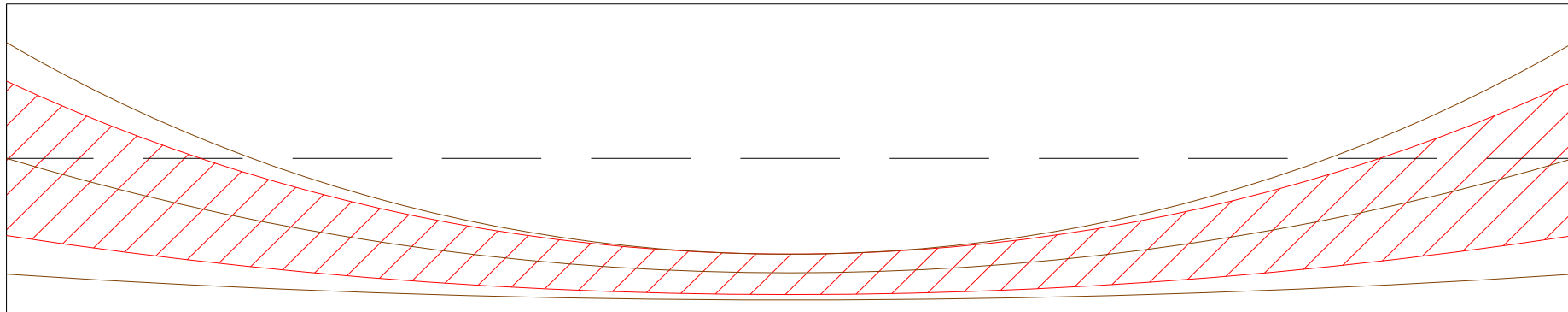
$$\begin{array}{c} \text{Diagram of a triangle with a horizontal line through its center} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Diagram of a rectangle} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Diagram of a triangle with a horizontal line through its center} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Diagram of a trapezoid} \end{array} \quad \text{SECTION A-A}$$

$$\begin{array}{c} \text{Diagram of a triangle with a horizontal line through its center} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Diagram of a rectangle} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Diagram of a triangle with a horizontal line through its center} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Diagram of a trapezoid} \end{array} \quad \text{SECTION B-B}$$

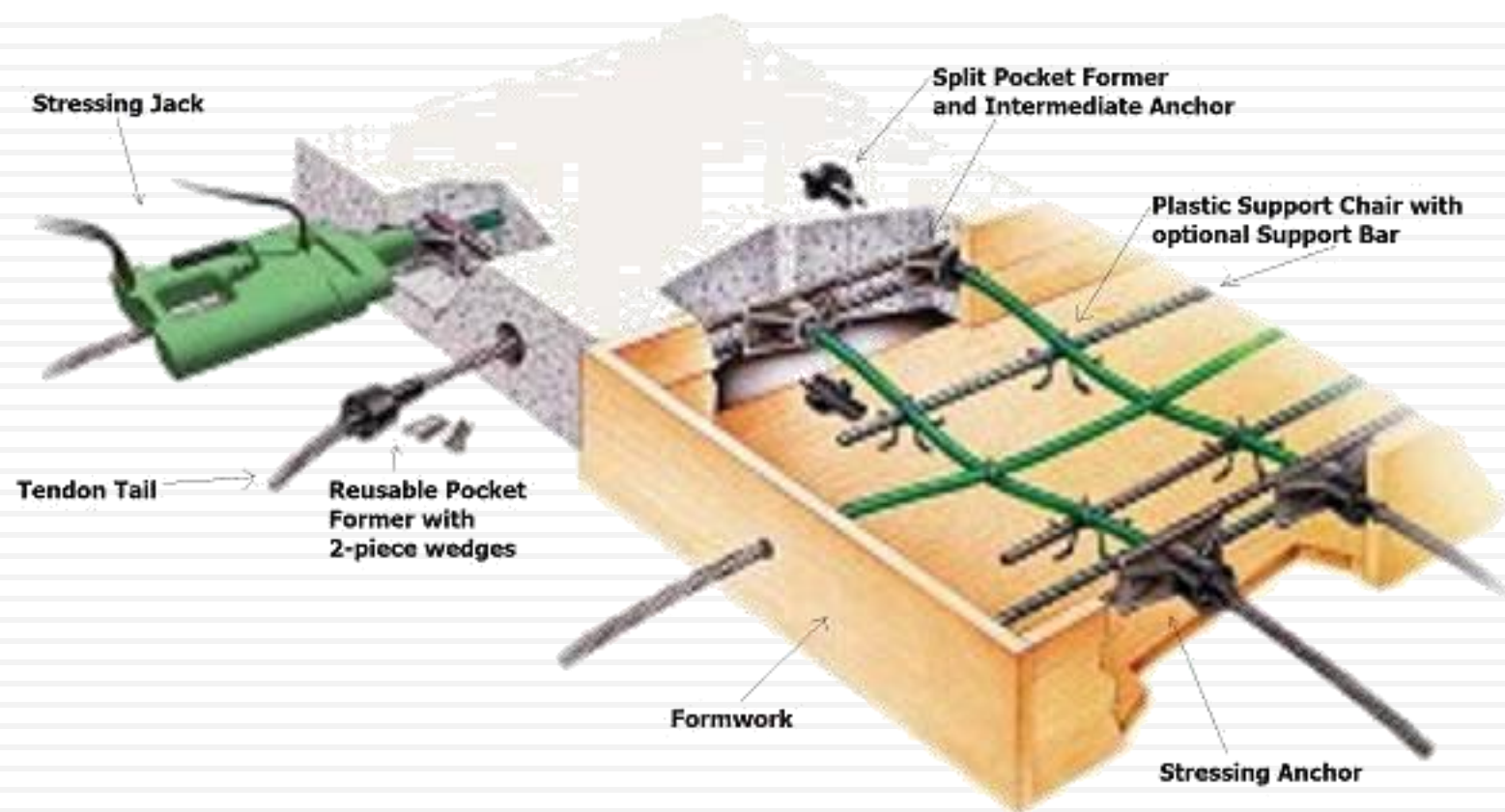
- مطالبی که ذکر شد در خصوص مقطع **A-A** که حداکثر لنگر خمشی را دارد صحیح است در حالی که در مقطع **B-B** که مقدار لنگر خمشی کم است این نیروی خارج از مرکز باعث ایجاد لنگر خمشی منفی شده و کشش در قسمت فوقانی تیر ایجاد می کند. پس خود پیش تنیدگی باعث ایجاد ترک در بتن خواهد شد. مطابق این مطلب به این نتیجه میرسیم که بهتر است در مقطع هایی مثل **B-B** که لنگر خمشی کم و رو به صفر است نیروی پیش تنیدگی خروج از مرکزیت نداشته باشد.
- با انجام محاسباتی می توان نتیجه گرفت که بهترین محل برای جاگذاری کابل های پیش تنیدگی یک سهمی به شکل زیر است که در مرکز تیر در پایین ترین نقطه و در دو انتهای تیر در وسط سطح مقطع قرار می گیرد.



□ می توان نشان داد که بهترین محل برای کابل‌های پیش تنیدگی یا به عبارتی مرکز کابل‌های پیش تنیدگی در داخل محدوده هاشور خورده دو سهمی مطابق شکل زیر است و کابلها را می توان به نحوی تعبیه کرد که مرکز کابلها در داخل این محدوده ی مجاز قرار گیرد.



دال های بتنی پس کشیده (رفتار دو طرفه)



کابل با چسبندگی

- بعد از پایان عملیات کابل کشی برای جلوگیری از زنگ زدن کابل‌ها، دوغاب سیمان به داخل کلاف‌ها تزریق می‌کنند. تا فاصله بین کابل و غلاف را پر کنند. در این حالت چون کابل توسط دوغاب به غلاف و در نتیجه به بتن می‌چسبد اصطلاحاً کابل را، کابل با چسبندگی (boneded) می‌نامند.
- دوغاب می‌بایست شامل سیمان پرتلند و آب یا سیمان پرتلند، ماسه و آب باشد. محدودیت‌های مربوط به مواد افزودنی برای دوغاب نیز به کار می‌رود.
- نسبت آب به مواد سیمانی نباید از ۰/۴۵ وزن فراتر رود
- در حین پمپ کردن دوغاب دمای اعضا باید بیشتر از 2°C و دوغاب نباید بیشتر از 32°C شود.

نمونه های اجرا شده (چسبیده)



کابل بدون چسبندگی

- گاهی اوقات به دلایل خاصی از جمله ایجاد انعطاف بیشتر جهت مقاومت بهتر در برابر زلزله، ممکن است دوغاب داخل غلاف‌های دور کابل تزریق نشود. در چنین حالاتی چون هیچ نوع چسبندگی بین کابل و غلاف وجود ندارد، کابل را کابل بدون چسبندگی (**unbounded**) می‌نامند.
- در چنین مواقعی برای جلوگیری از زنگ زدن کابل، داخل غلاف و دور کابل را پر از گریس می‌کنند

نمونه های اجرا شده (غیر چسبیده)





مقایسه کابل های با چسبندگی و بدون چسبندگی

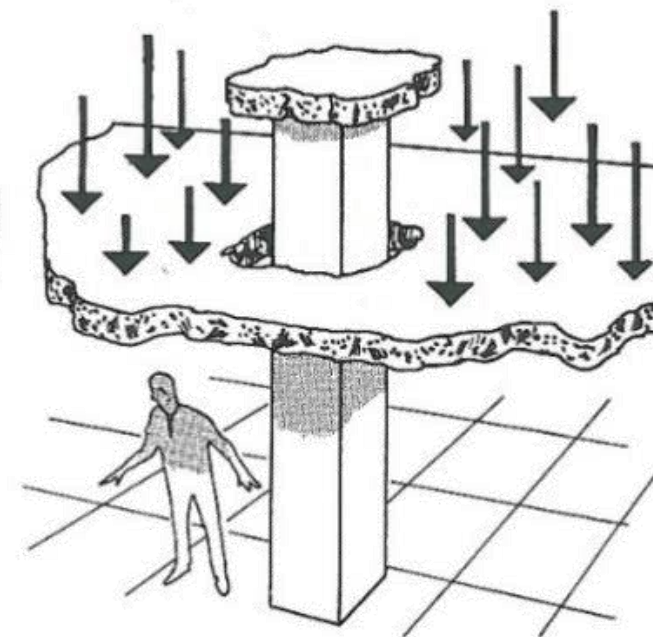
- در کابل های بدون چسبندگی نیروی پیش تنیدگی فقط توسط گیره ها به بتن منتقل می شود. لیکن در کابل های دارای چسبندگی، نیرو می تواند هم توسط گیره و هم به وسیله چسبندگی بین کابل و دوجاب به بتن منتقل گردد و اگر به دلایلی گیره در برود، چون نیرو می تواند توسط کابل به بتن منتقل شود، سازه خراب نخواهد شد .
- اصولاً بتن پس کشیده دارای کابل های با چسبندگی، تحت اثر بارهای بزرگ تر از بار سرویس (overload) بهتر از بتن پس کشیده فاقد چسبندگی عمل می کند و مقاومت نهایی آن خیلی بیشتر از مقاومت نهایی بتن پس کشیده دارای کابل های بدون چسبندگی مشابه می باشد.

خرابی های حین اجرا

30



- ضعف در قالب بندی
- ضعف در بتن یا عدم احتساب برش پانچ



خرابی‌های حین اجرا

31



- ضعف در قالب بندی
- ضعف در بتن (سقف پس کشیده)



محدودیت های طراحی و اجرا

32

- در زمین های محدود شهری، امکان کشیدن کابل ها از بیرون ساختمان وجود ندارد.
- با توجه به متداول بودن کابل غیر چسبیده:
 - در رفتن گیره ها می تواند خطر ساز باشد.
 - تخریب چنین سقف هایی نیاز به تمهیدات خاصی دارد.
 - ایجاد بازشو برای تاسیسات پس از اجرا توام با خطرات زیادی است.

نیرجه پیش تنیده (رفتار یکطرفه)

آشنایی با فرآیند تولید استاندارد کارخانه ای

- کنترل مواد اولیه ورودی و انجام تست های لازم و ...

- پخش و کشش وایر (به همراه کنترل با لودسل)

- اختلاط ویژه دستگاهی بتن با طرح بدون اسلامپ،

جهت حصول بتن پر مقاومت حداقل C35

- انجام بتن ریزی در داخل سالن توسط دستگاه

اکسترودر و ویبره شدید بتن طی دو مرحله بتن ریزی

- فرآوری و پروراندن بتن تیرچه و نمونه آگاهی به

روش لحاف بتنی همراه با بخار و حرارت طی ۱۲ ساعت

- کنترل مقاومت نمونه آگاهی و کیفیت بتن تیرچه

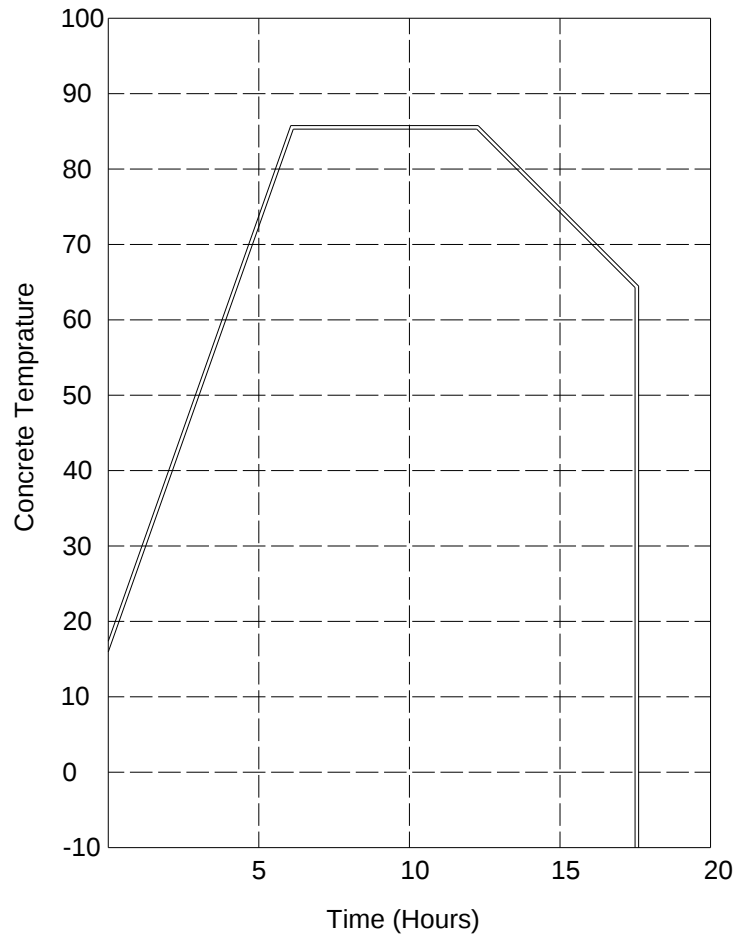
توسط واحد کنترل کیفیت و اجازه آزادسازی خط تولید

- برشکاری، کنترل کیفیت تیرچه های تولیدی و تخلیه

سالن تولید جهت ارسال به دپو و انجام بارگیری



عمل آوری با بخار (اتاق بخار)



مثال عملی

□ نگهداری با بخار آب اگر به نحو صحیحی انجام گیرد، می‌توان بیشتر از ۶۰ درصد مقاومت فشاری بتن ۲۸ روزه را در مدت ۲۴ ساعت به دست آورد.

□ در این روش قطعات بتنی را در یک محیط بسته که به طور مرتب بخار داخل آن تزریق می‌شود، نگاه می‌دارند.

□ دمای اتاق بخار مطابق منحنی مشخصی اعمال میشود.

منحنی دمای اتاق بخار

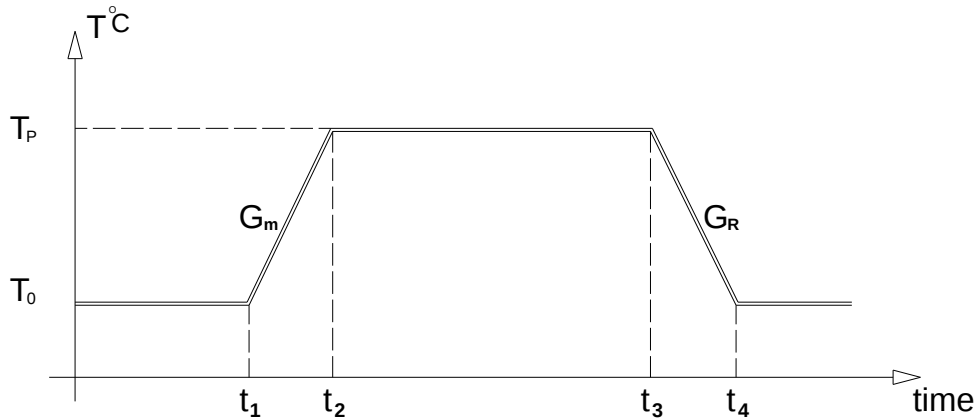
□ دوره نگهداری با بخار آب از چهار مرحله کلی به شرح زیر تشکیل می‌شود:

□ ۱- مرحله قبل از گرم کردن بتن: بعد از ریختن بتن و ویبره کردن آن، باید مدت زمانی بتن را به حال خود گذاشت تا بگیرد (گرفتن اولیه).

□ ۲- مرحله ازدیاد درجه حرارت: درجه حرارت محیط اطراف بتن و در نتیجه درجه حرارت بتن را با سرعت معینی زیاد کرده تا به حداکثر درجه حرارت لازم برسد.

□ ۳- مرحله حداکثر درجه حرارت: حداکثر درجه حرارت را معمولاً برای مدت زمان مشخصی ثابت نگه می‌دارند.

□ ۴- مرحله سرد شدن: درجه حرارت بتن و محیط اطراف آن را به آهستگی کاهش می‌دهند



منابع مربوط به تیرچه پیش تنیده

۱- نامه تأییدیه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۸

۲- مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم ویرایش جدید، ۱۳۹۹

۳- استاندارد ۲۹۰۹-۳، تیرچه پیش تنیده - ویژگیها و روش آزمون، ۱۳۹۵

4- BS EN 15037-1, Precast concrete products – Beam and block floor systems, part 1: Beams, 2008

5- ACI 318 – 19, Building Code Requirements for Structural Concrete, 2019

6- PCI Design Handbook, Precast and Prestressed Concrete, 7th Edition, 2010

۷- سازمان برنامه و بودجه، نشریه ۲۵۰، آئین نامه

طرح و محاسبه قطعات پیش تنیده، ۱۳۸۲

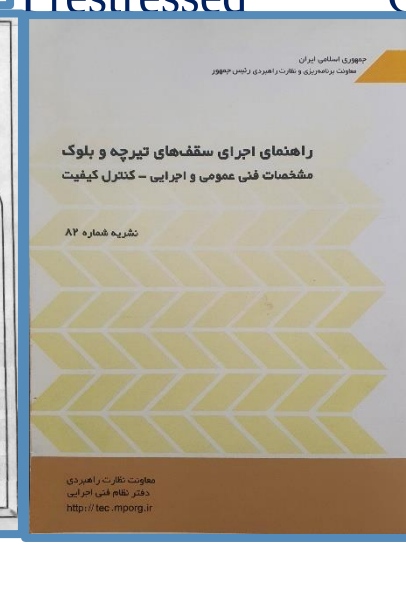
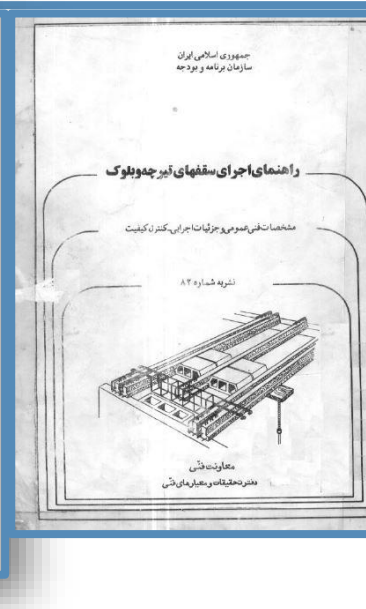
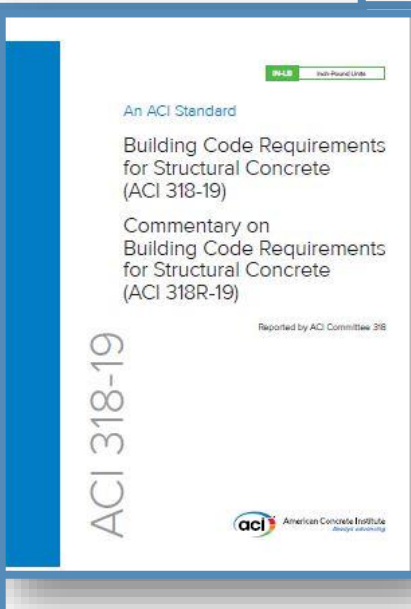
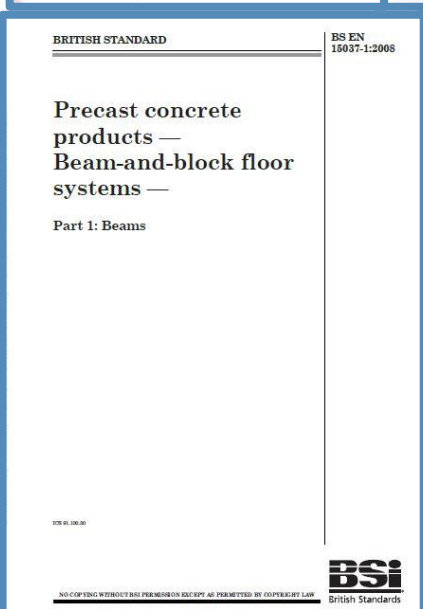
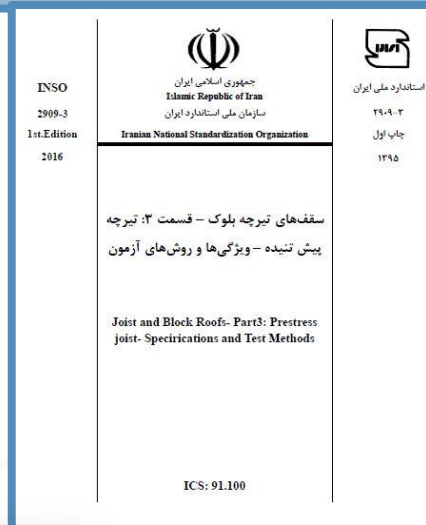
۸- سازمان برنامه و بودجه، نشریه ۳۸۸، آئین نامه

طرح و محاسبه سازه‌های بتنی پیش‌ساخته، ۱۳۸۶

۹- سازمان برنامه و بودجه، نشریه ۸۲، راهنمای اجرای

سقف های تیرچه و بلوک (مشخصات فنی، عمومی و

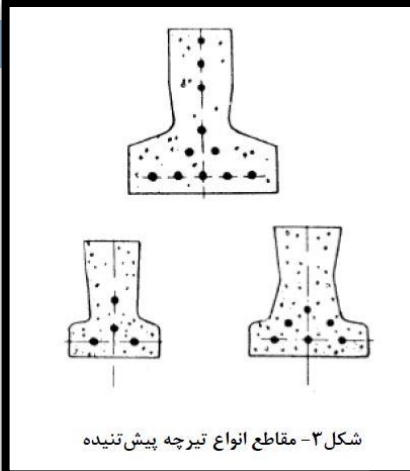
اجرای-کنترل کیفیت)، ۱۳۷۱ و ۱۳۸۷



مشخصات مقطع تیرچه پیش تنیده

مطابق استاندارد ۳-۶۹۰۹

CHANSAR PRE-TENSIONING INDUSTRIES CO. ISO 9001:2015									
TEST CERTIFICATE FOR PRESTRESSING CONCRETE WIRE									
PL-02-01	19051106	MAJIDIAN	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01
DATE OF ISSUE	19051106	DESTINATION	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01
TEST SPECIFICATION	19051106	APPROVAL TYPE	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01
CHARACTERISTICS	19051106	APPROVAL TYPE	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01	NO. 1001-01
ITEM	UNIT	TESTED	REMARKS	REMARKS	REMARKS	REMARKS	REMARKS	REMARKS	REMARKS
1	214230	5.23	5447	1005	1021.4	1015.9	5.5	11	
2	214230	5.22	4247	604	1021.6	1024.4	6.0	14	
3	214230	5.17	6548	982	1022.7	1029.2	6.1	14	
4	214805	5.17	4953	709	1022.7	1045.4	6.1	14	
5	214815	5.17	5008	213	1022.7	1048.4	6.1	14	
6	214811	5.18	6381	971	1021.7	1025.6	6.5	15	
7	214812	5.18	7122	1083	1021.7	1025.6	6.5	15	
8	214813	5.18	5463	381	1021.6	1018.6	6.5	15	
9	214814	5.18	7215	1087	1021.6	1018.6	6.5	15	
10	214817	5.18	6553	1051	1019.7	1021.7	6.5	15	
11	214818	5.18	6157	1016	1019.7	1024.7	6.5	15	
12	214819	5.18	6770	1030	1020.0	1024.9	6.5	15	
13	214821	5.18	6625	1025	1020.0	1016.7	6.8	15	
14	214822	5.18	6115	730	1020.0	1016.7	6.8	15	
15	214935	5.13	6788	1012	1020.9	1020.0	6.7	12	
16	214936	5.13	6851	831	1020.9	1020.0	6.7	12	
17	214937	5.13	6877	855	1020.9	1020.1	6.9	12	
18	214938	5.13	6740	1008	1020.9	1020.1	6.9	12	
19	214939	5.13	6991	947	1020.7	1020.3	5.2	13	
20	214939	5.13	6766	1007	1020.7	1020.3	5.2	13	
21	214939	5.13	5559	834	1020.4	1020.3	6.5	12	
22	214939	5.13	7357	1158	1020.4	1020.3	6.5	12	
23	214937	5.13	6851	1014	1020.3	1020.1	6.4	13	
24	214938	5.13	6524	969	1020.3	1020.1	6.4	13	
25	214939	5.13	6527	1023	1020.2	1020.0	6.8	15	
26	215000	5.13	6157	1027	1020.2	1020.0	6.8	15	
27	215001	5.13	3530	526	1015.1	1020.2	6.1	13	
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59									
60									
61									
62									
63									
64									
65									
66									
67									
68									
69									
70									
71									
72									
73									
74									
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88									
89									
90									
91									
92									
93									
94									
95									
96									
97									
98									
99									
100									

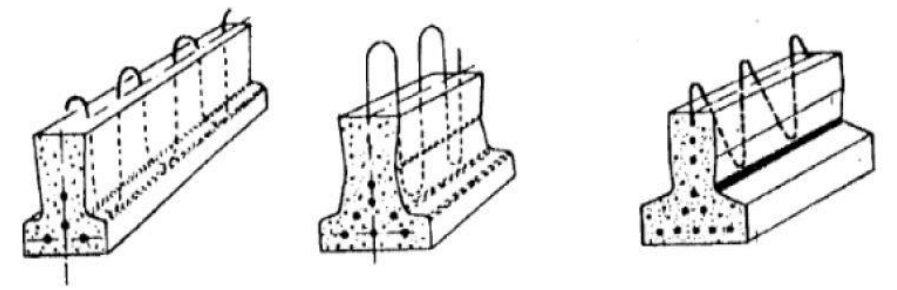


شکل ۲- مقاطع انواع تیرچه پیش تنیده



Indented wire	5.0 ~ 7.0	0.200 ~ 0.276	
---------------	-----------	---------------	--

تیرچه‌های پیش تنیده به‌طور معمول فاقد میل‌گردهای عرضی هستند ولی در بعضی از انواع آن، برای تقویت مقاومت برشی، دو انتهای تیر، میل‌گردهای عرضی در داخل بتن آن کار گذاشته می‌شوند تا علاوه بر تقویت برشی تیرچه، گیره‌های لازم برای حمل و نقل تیرچه و اتصال بین بتن و دال را تامین کند (شکل ۲).

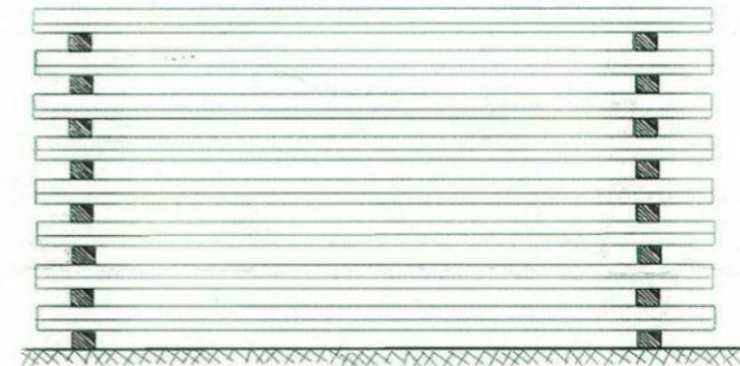


شکل ۲- استقرار میل‌گردهای عرضی در تیرچه‌های پیش تنیده

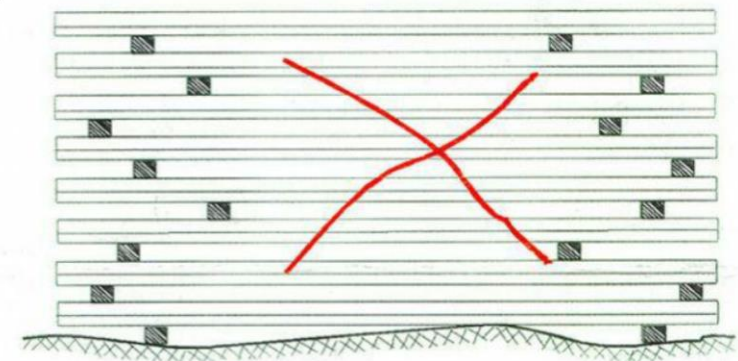
۵-۱-۱ فولاد مورد استفاده برای پیش‌تنیده کردن بتن باید با الزامات استانداردهای ملی ایران شماره ۲-۱۳۲۵۰ مطابقت داشته باشد. و مقاومت کششی فولاد باید بیش‌تر یا برابر ۱۴۷۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع و کم‌تر یا برابر ۱۹۶۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد.

۵-۲-۱-۳ به‌منظور تامین یکپارچگی بتن تیرچه و بتن پوششی سقف، سطح بالایی تیرچه باید به‌طور زبر و برجسته باشد.

نکات اجرایی: نحوه تخلیه و انبار



روش صحیح انبار کردن قطعات



روش غلط انبار کردن قطعات

نکات اجرایی: نحوه بالا بردن تیرچه

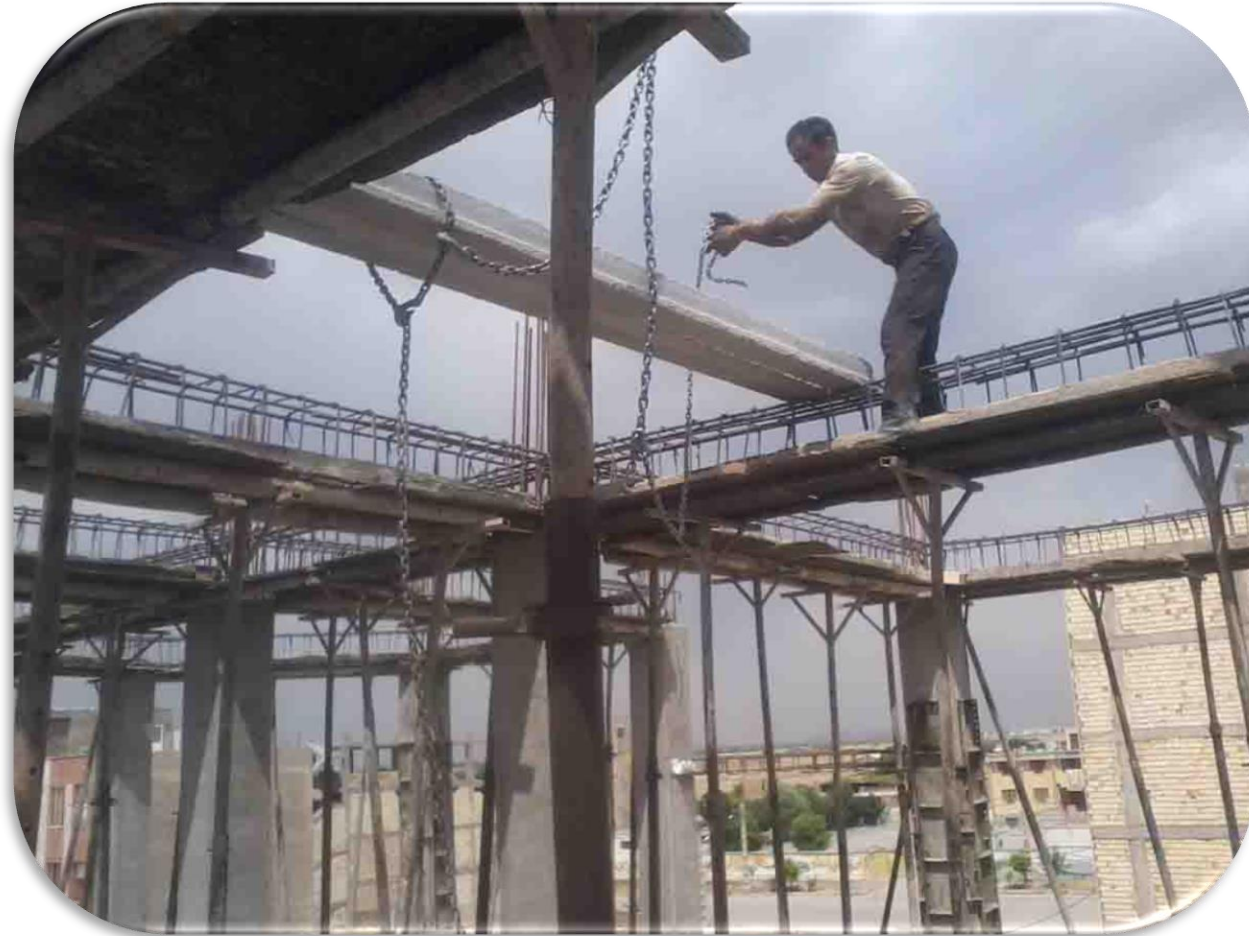


بالا بردن تیرچه توسط جرثقیل همزمان با تحویل بار



تخلیه تیرچه توسط جرثقیل محل پروژه

نکات اجرایی: نحوه جانمایی اولیه و توزیع تیرچه ها



نکات اجرایی: جانبی تیرچه داخل تیر

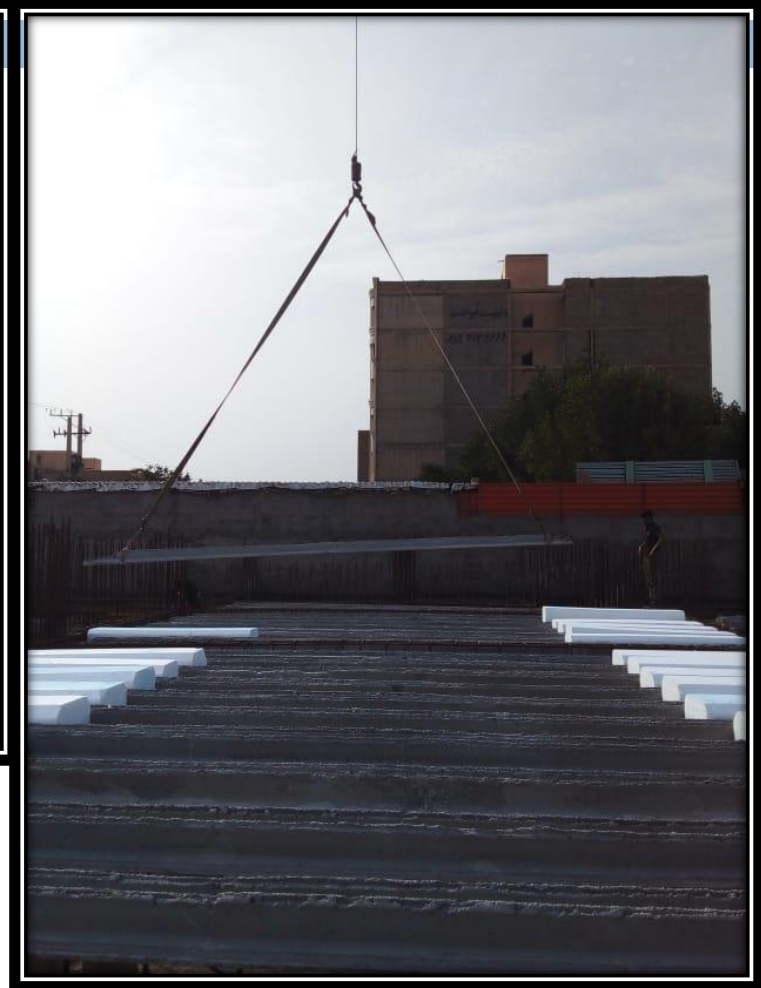
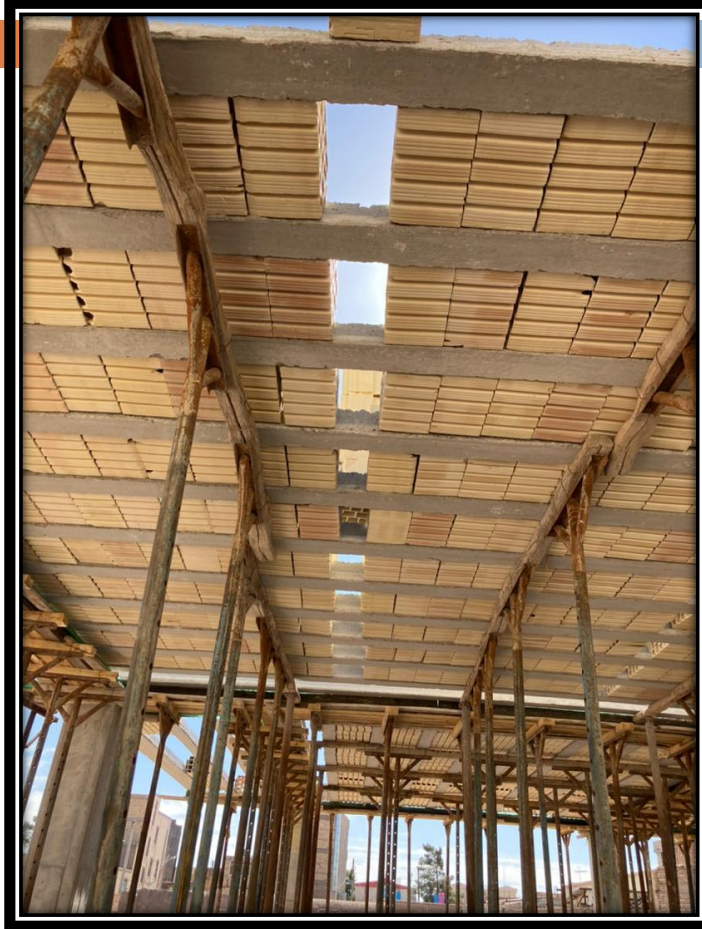


جایگذاری فضای خالی بلوک



نکات اجرایی:

جایگذاری بلوک های دو سر، شمع زنی و فرش بلوک



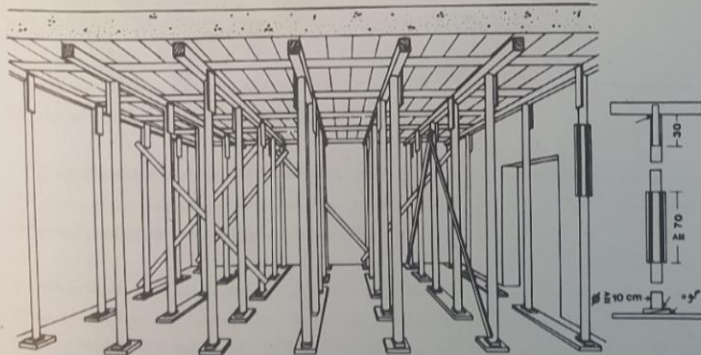
نکات اجرایی:

ضابطه تکیه گاه موقت طبق نشریه ۸۶

نصب تکیه گاههای موقت، بلافاصله بعد از نصب تیرچه ها صورت می گیرد. فاصله چهارتراشها و شمعهای متوالی از یکدیگر، به استقامت تیرچه ها و چهارتراشها بستگی دارد و معمولاً "فاصله چهار تراشها از همدیگر، در مورد تیرچه های خرپایی حدود ۱/۲۰ متر و در مورد تیرچه های پیش تنیده حدود ۳ متر است. هنگام شمع بندی، خیز مناسبی برابر $\frac{1}{300}$ دهانه به طرف بالا برای تیرچه ها در نظر گرفته می شود تا پس از بارگذاری، خیز در نظر گرفته شده، حذف و سقف مسطح گردد.

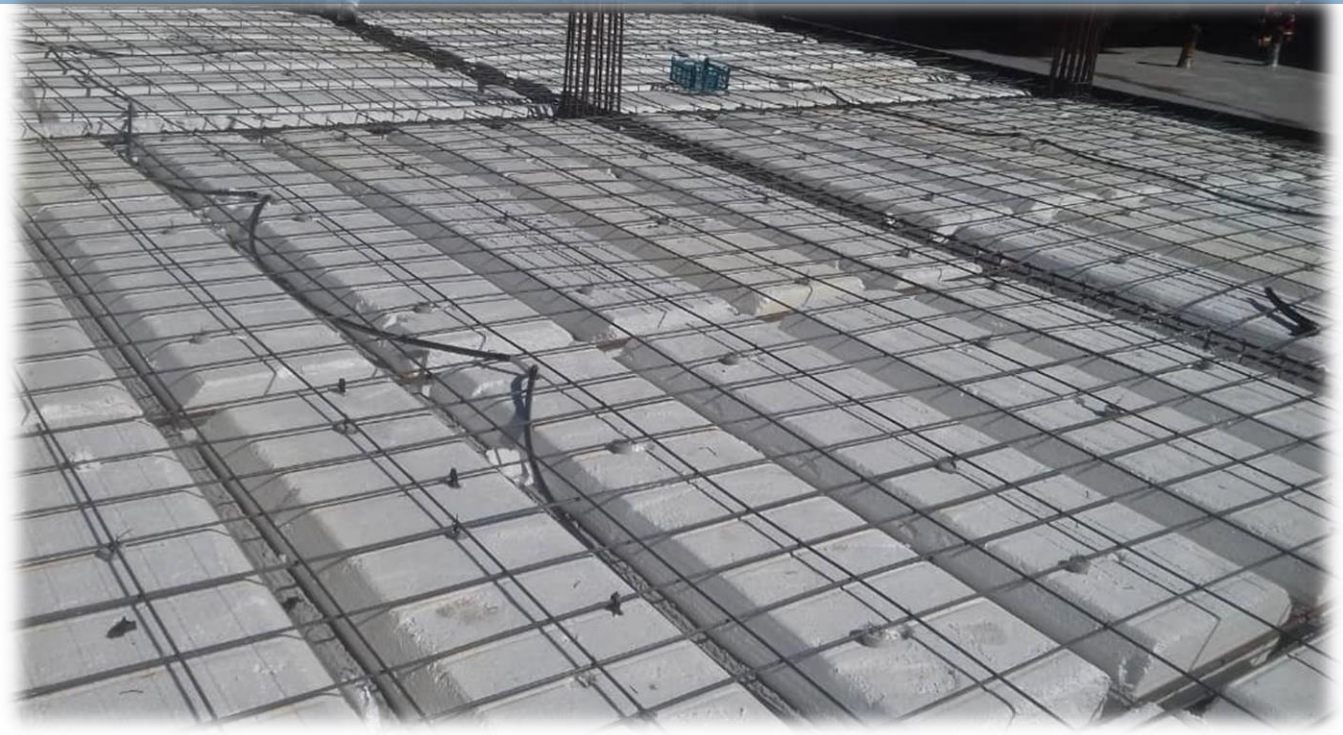


الف



شکل ۱۸. روش نصب تکیه گاههای موقت. الف) تیرچه های پیش تنیده، ب) تیرچه های خرپایی

نکات اجرایی: اجرای آرماتور حرارتی



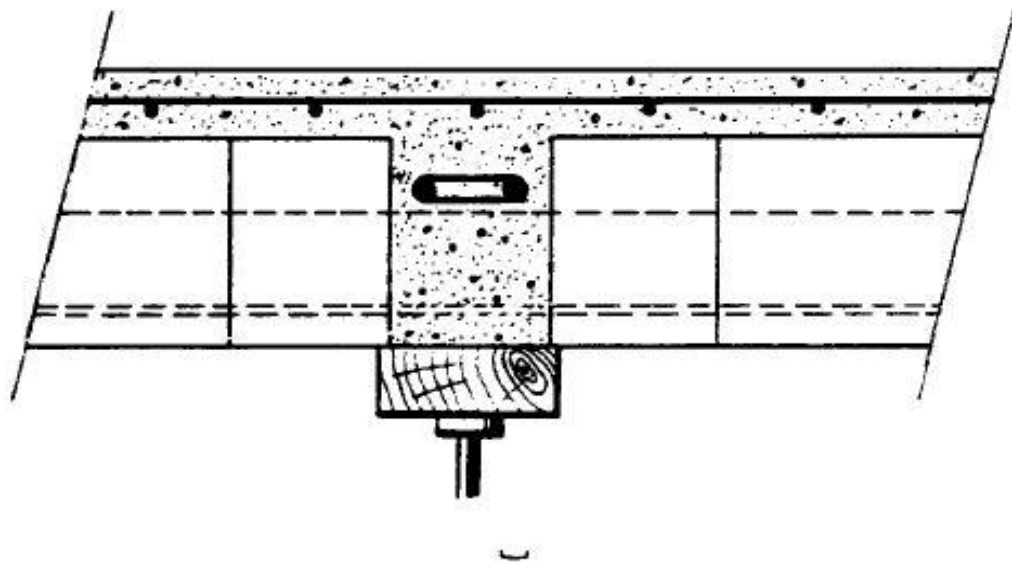
اجرای لقمه گذاری زیر آرماتور حرارتی کمی قبل از بتن ریزی

نکات اجرایی:

عملکرد کلاف عرضی طبق نشریه ۸۲

۲-۵-۱. کلاف میانی

برای تقویت دیافراگم افقی ساختمان در امتداد عمود بر امتداد تیرچه‌ها، و برای توزیع یکنواخت بار روی سقف تیرچه و بلوک و همچنین در محلهایی که بار منفرد موجود باشد، کلاف میانی بتنی که جهت آن عمود بر جهت تیرچه‌هاست، در سقف تعبیه می‌شود. حداقل عرض کلاف میانی، برابر عرض بتن پاشنه تیرچه، و ارتفاع آن برابر ارتفاع سقف خواهد بود.



شکل ۲۴. قالب‌بندی و آرماتوربندی کلاف عرضی - الف (تیرچه‌های خرابایی ، ب) تیرچه‌های پیش‌تنیده

نکات اجرایی:

ضابطه تعداد کلاف عرضی طبق نشریه ۸۶

۲۴

در صورتی که بار زنده سقف کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع ، و طول دهانه بیشتر از ۴ متر باشد ، مطابق شکل ۲۴ ، یک کلاف میانی در سقف تعبیه می شود . حداقل سطح مقطع آهنهای طولی آن باید برابر نصف مقادیر میلگرد کششی تیوچه ها باشد . برای دهانه کمتر از ۴ متر ، بار زنده سقف کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع ، به کلاف میانی نیازی نیست .

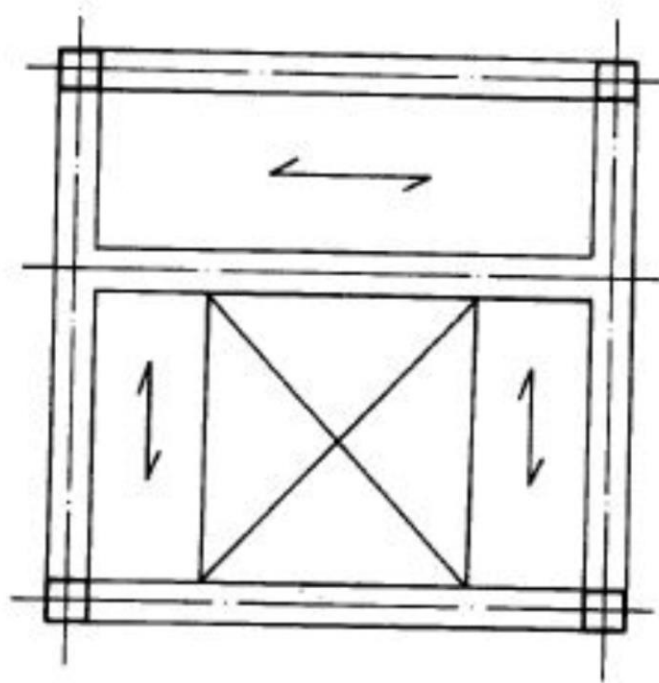
در مورد بار زنده بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و دهانه ۴ تا ۷ متر ، دو کلاف میانی ، و برای دهانه بیشتر از ۷ متر ، سه کلاف میانی اجرا می شوند . حداقل سطح مقطع میلگردهای طولی آن برابر سطح مقطع میلگردهای کششی تیوچه خواهد بود .

میلگردهای کلاف میانی ، در دو طرف کلاف تعبیه می شوند و حداقل قطر میلگرد ، در مورد میلگرد آجدار ۶ میلیمتر و در مورد میلگرد ساده ۸ میلیمتر است . در صورتی که بار منفرد سبک روی سقف موجود باشد ، باید توسط کلافهای میانی مناسب ، بار منفرد وارده را روی سقف پخش کرد .

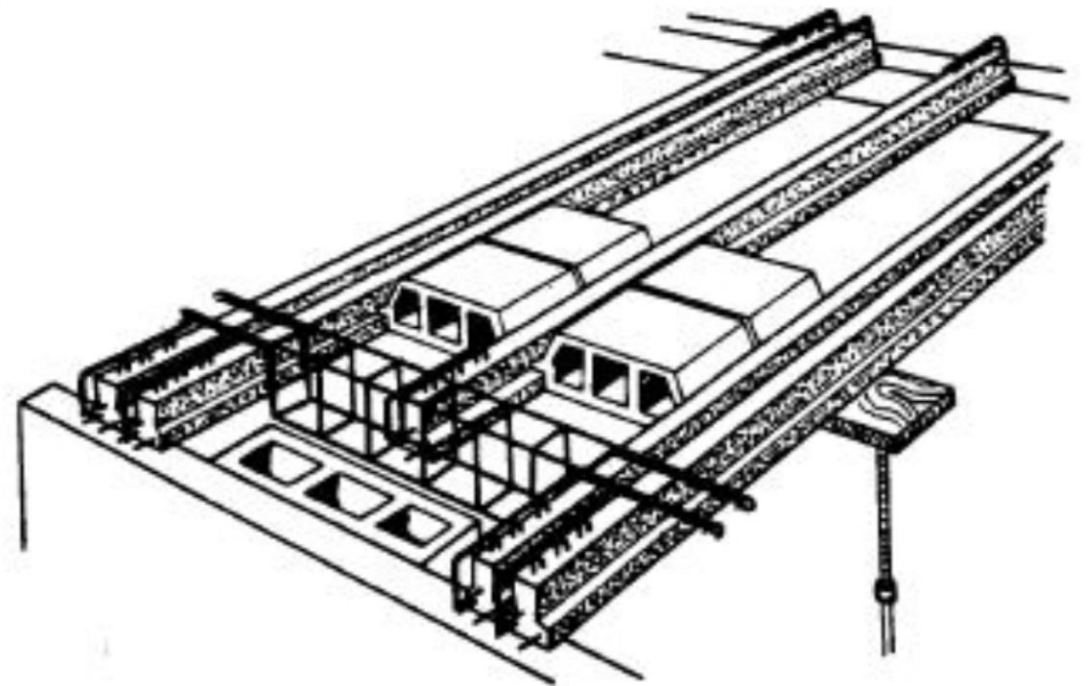


نکات اجرایی:

ضابطه بازشوی متوسط و بزرگ طبق نشیبه ۸۶



شکل ۲۹. طرز اجرای بازشوهای بزرگ

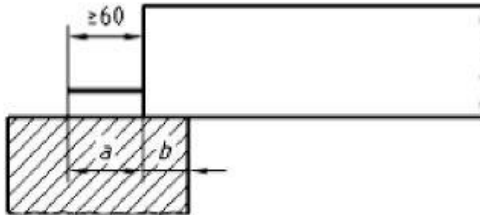


شکل ۲۸. طرز اجرای بازشوهای متوسط

نکات اجرایی:

ضابطه نشیمن تیرچه طبق استاندارد BS EN و نشریه ۸۲

Dimensions in millimetres



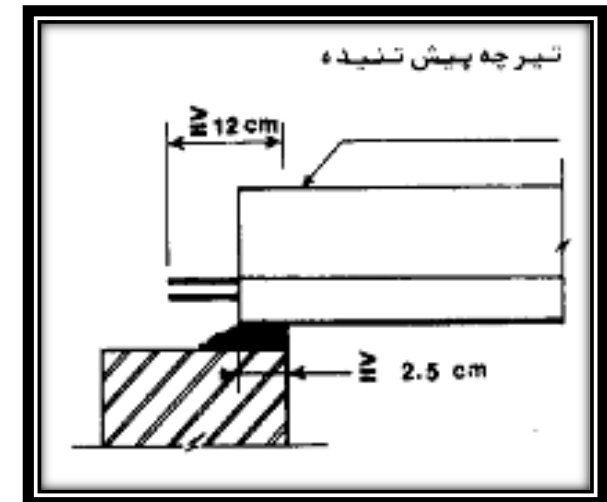
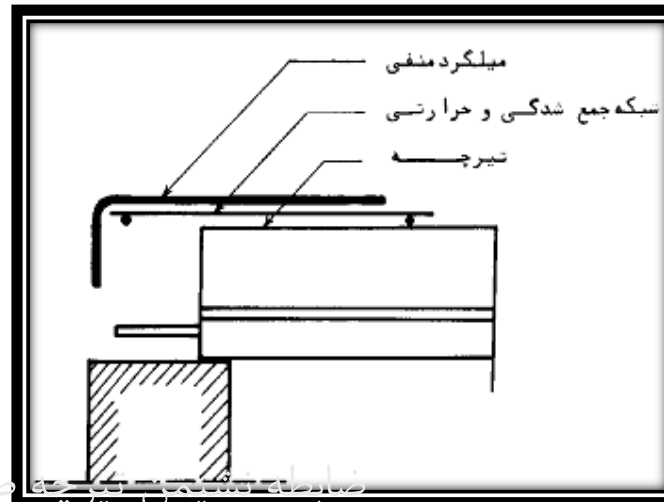
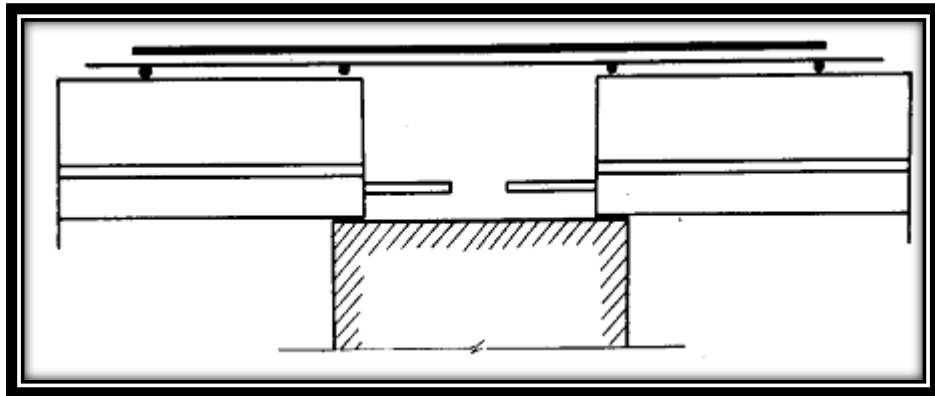
a) beams with protruding reinforcement



b) beams without protruding reinforcement

- reinforced concrete or steel support: class A: $b \geq 20 \text{ mm}$
class B: $b \geq 40 \text{ mm}$
- masonry support: $b \geq 50 \text{ mm}$

ضابطه نشیمن تیرچه طبق استاندارد BS EN



ضابطه نشیمن تیرچه طبق نشریه ۸۲

نکات اجرایی: امکان استفاده از قالبهای پلاستیکی غیر ماندگار



پروژه الماس کرمان ۱۶ طبقه

کارفرما: مهندس گیلانی

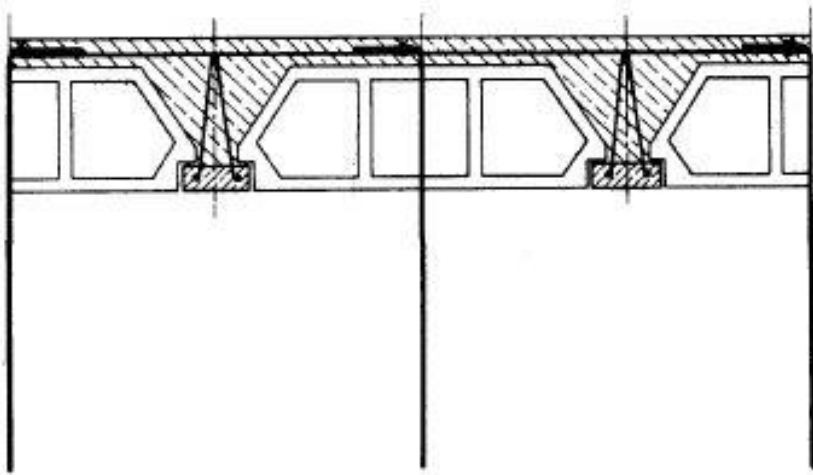
یکی از بزرگترین پروژه های تجاری جنوب کشور

نکات اجرایی: قبل از بتن ریزی

مطابق مبحث نهم ویرایش ۱۳۹۹ بند ۸-۸-۹، جهت حصول حداکثر ضریب اصطکاک مابین بتن (پوشش سقف) قرار گرفته در مجاورت بتن سخت شده (جان تیرچه)، این سطح بایستی تمیز و عاری از لایه ضعیف (همچون دوغاب) بوده و عمداً به عمق تقریبی ۶ میلی متر مضرس شده باشد. ذاتاً مضرسی بیش از مقدار آیین نامه ای در تولید تیرچه پیش تنیده وجود دارد و بهتر است قبل از انجام بتن ریزی، سطح روی جان تیرچه ها تمیز و مرطوب گردد.

۳-۵- آویزهای سقف کاذب

این آویزها معمولاً به قطر ۶ تا ۸ میلیمتر و به طولهای مورد لزوم، در فواصل تعیین شده طبق نقشه های اجرایی (شکل ۳۰)، مابین بلوکها نصب می شوند.



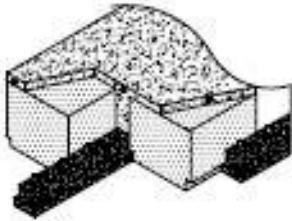
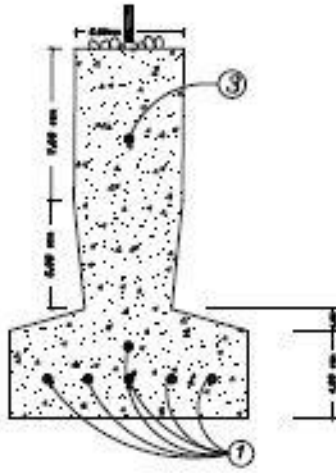
شکل ۳۰. میلگردهای آویز سقف کاذب

جزئیات میلگرد آویز سقف کاذب طبق نشریه ۸۲

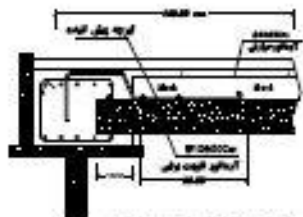
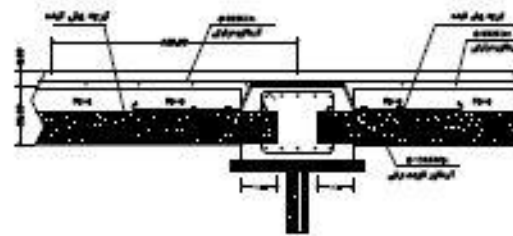
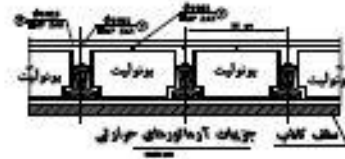
دتایل اجرایی

مشخصات فنی سقف تیرچه پیش تنیده:

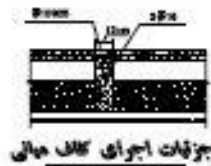
- ۱- حداقل مقاومت نمونه مکعبی بتن تیرچه پیش تنیده می بایست ۴۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد که این شرکت با مقاومت ۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع تولید می نماید.
- ۲- حداقل مقاومت کششی وایرهای پیش تنیدگی می بایست ۱۷۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.
- ۳- تیرچه مورد استفاده می بایست مورد تأیید سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بوده و دارای نشان و کد ۱۰۰ رقص استاندارد قابل استعلام باشد.
- ۴- عمل آوری تیرچه های پیش تنیده طبق ضوابط می بایست توسط پلر و حرارت صورت پذیرد.
- ۵- تیرچه های مصرفی در دهانه های بلند حتما می بایست دارای قلاب در ابتدا و انتهای تیرچه جهت سهولت حمل و نقل و بهمان پرتگی بوده و همچنین قلاب ها به صورت زیگزاگ وصل شده به وایرهای یابشی در ابتدا و انتهای تیرچه باشد و در هنگام تولید می بایست بتن ریزی بعد از قرار دادن قلاب ها انجام شود.
- ۶- وزن هر متر طول تیرچه پیش تنیده نباید کمتر از ۲۸ کیلوگرم باشد.



تیرچه پیش تنیده بر اساس استاندارد ملی ۳-۲۹۰۹



جزئیات اتصال تیرچه به تیر اصلی



جزئیات اجرای کلاف جانبی

جدول تیرچه برای گسکونی					
طول (m)	1	2	3	4	5
L=5.4m	205		105	ø6@25cm	ø6@25cm
L=6.4m	305		105	ø6@25cm	ø6@25cm
L=7.4m	405	105	105	ø6@25cm	ø6@25cm
L=8.4m	505	105	105	ø6@25cm	ø6@25cm
L=9.0m	605	105	105	ø6@25cm	ø6@25cm
*L>9.0m	605	105	105	ø6@25cm	ø6@25cm

* آیتم های ستاره دار به صورت دابل اجرا میشوند.

مزایای استفاده از تیرچه پیش تنیده

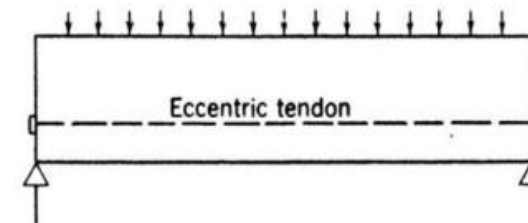
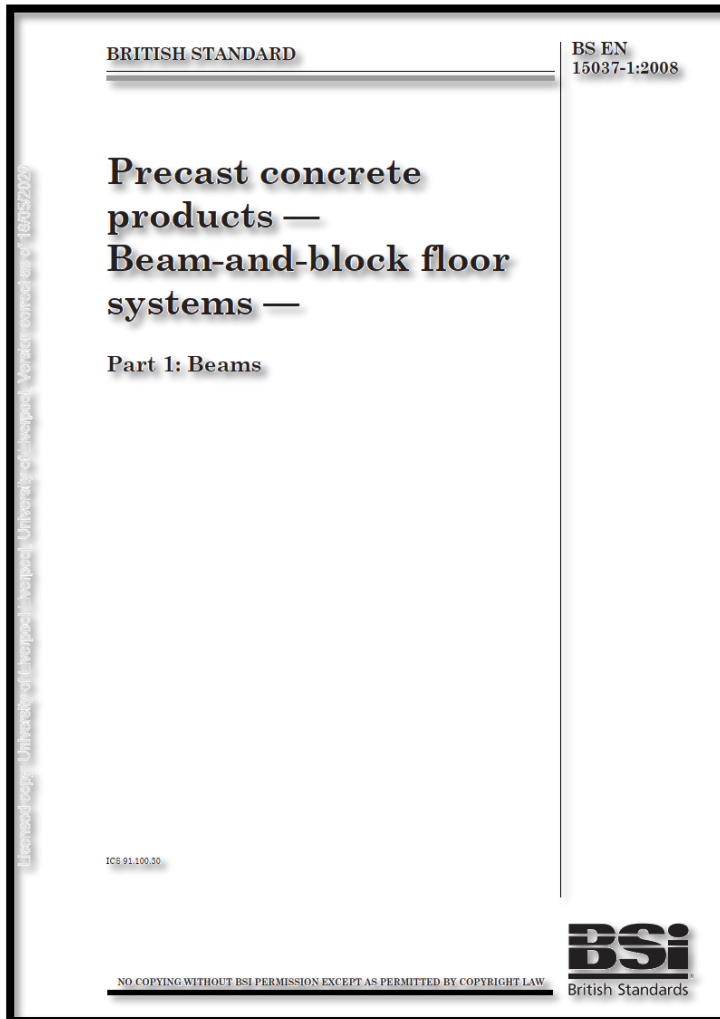


- ۱- با توجه به مقاومت بالای تیرچه ها، امکان تنظیم دهانه های کوتاه و بلند، و در نهایت ارائه آکس بندی و ستونگذاری منظم
- ۲- عدم وقوع ترک کششی بار بهره برداری در پاشنه تیرچه و کاهش نفوذپذیری رطوبت بدلیل ماهیت پیش تنیدگی و در نتیجه دوام بالای تیرچه
- ۳- مقاوم در برابر خیز بلند مدت بدلیل وجود لنگر منفی پیش تنیدگی و خیز منفی ذاتی واقع در مقطع و طول تیرچه
- ۴- نیاز به شمع بندی کمتر نسبت به تیرچه های خرپایی
- ۵- مصرف کمتر بتن در بتن ریزی سقف بدلیل وجود جان توپر بتنی تیرچه (بتن پر مقاومت C35)
- ۶- تولید کارخانه ای استاندارد با کنترل شرایط محیطی و کنترل کیفیت در سالن مسقف

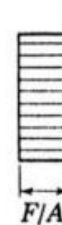
ملاحظات طراحی تیرچه پیش تنیده

طراحی تیرچه

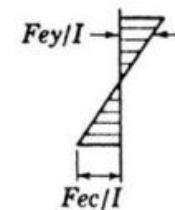
□ اصول طراحی



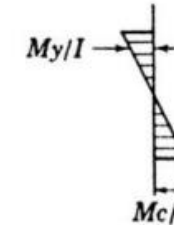
Beam Eccentrically Prestressed and Loaded



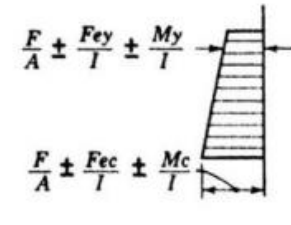
Due to Prestress Direct Load Effect



Due to Prestress Eccentricity



Due to External Moment M



Due to Eccentric Prestress and External M

Stress distribution across an eccentrically prestressed-concrete section.

محدودیت فواصل فولادهای پیش‌تنیدگی

□ فاصله آزاد بین فولادهای پیش‌کشیدگی در هر انتهای یک عضو باید بیشتر از ۴ برابر قطر برای مفتول و ۳ برابر قطر برای رشته‌ها باشد.

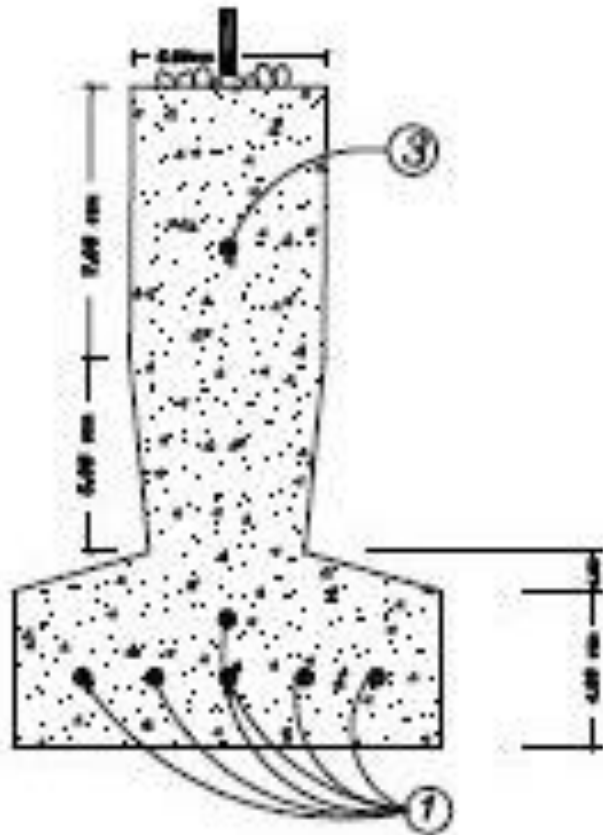
□ حداقل فاصله بین غلاف‌ها در کارهای پس‌کشیده و فولادهای پیش‌تنیدگی، کوچک‌ترین:

▪ $1/33$ برابر قطر دانه سنگی،

▪ $1/5$ برابر قطر غلاف یا فولاد پیش‌تنیدگی و

▪ ۲۵ میلی‌متر می‌باشد.

□ در صورتی که اشکال در کار بتن‌ریزی پیش‌نیاید، مطابق میلگردهای معمولی، غلاف‌ها و فولادهای پیش‌تنیدگی را می‌توان به صورت گروهی کنار یک‌دیگر به صورت چسبیده قرار داد.

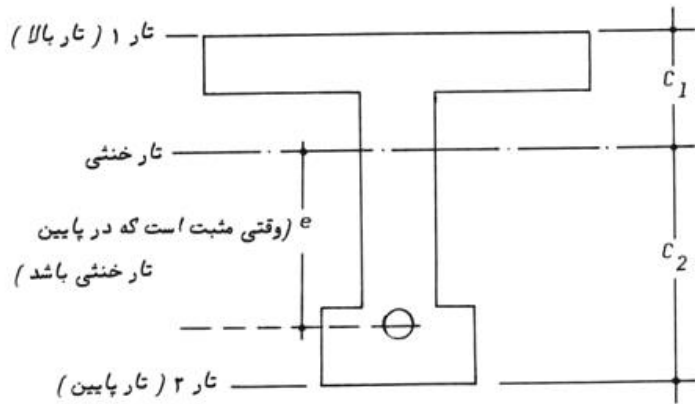


محاسبه تنش‌ها در بتن پیش‌تنیده

□ با فرض مفاهیم اساسی خمش تیرهای همگن:

$$f = \pm \frac{T}{A} \pm \frac{Tey}{I} \pm \frac{My}{T}$$

□ در رابطه فوق تنش کششی با علامت مثبت و تنش‌های فشاری با علامت منفی منظور می‌گردد.



شکل ۵-۱- مقطع محاسباتی

در این شکل داریم:

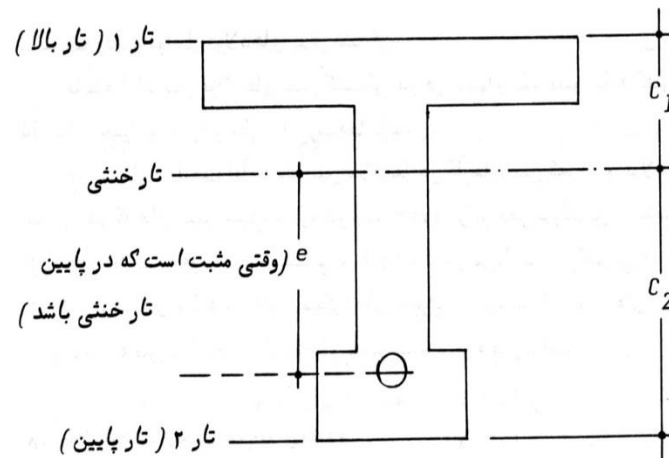
A_g = مساحت کل مقطع بتنی

I_g = ممان اینرسی کل مقطع بتنی نسبت به تار خنثی

$S_1 = I_g / C_1$ = اساس مقطع نسبت به تار فوقانی (تار ۱)

$S_2 = I_g / C_2$ = اساس مقطع نسبت به تار تحتانی (تار ۲)

$r^2 = I_g / A_g$ = شعاع ژیراسیون



حالتی که فقط نیروی پیش‌تنیدگی بر مقطع وارد می‌شود

□ T_i نیروی پیش‌تنیدگی قبل از کسر اتلاف می‌باشد که به نیروی پیش‌تنیدگی اولیه موسوم است.

$$\begin{aligned} f_1 &= -\frac{T_i}{A_g} + \frac{T_i e C_1}{I_g} \quad \longrightarrow \quad f_1 = -\frac{T_i}{A_g} \left(1 - \frac{e C_1}{r^2}\right) \\ f_2 &= -\frac{T_i}{A_g} - \frac{T_i e C_2}{I_g} \quad \longrightarrow \quad f_2 = -\frac{T_i}{A_g} \left(1 + \frac{e C_2}{r^2}\right) \end{aligned}$$

□ f_1 و f_2 اگر مثبت به‌دست آیند، کششی و در غیر این صورت فشاری هستند. همیشه از قدر مطلق C_1 و C_2 و T_i استفاده می‌شود. خروج از مرکزیت e اگر پایین تار خنثی باشد، مثبت و اگر در بالای تار خنثی باشد، منفی در نظر گرفته می‌شود.

مرحله انتقال

□ در این حالت به علت تغییر شکل گنبدی (تحدب) تیر در اثر نیروی پیش‌تنیدگی، وزن تیر مؤثر شده و ایجاد خمش در تیر می‌نماید .

$$f_1 = -\frac{T_i}{A_g} \left(1 - \frac{eC_1}{r^2}\right) - \frac{M_o}{S_1}$$

$$f_2 = -\frac{T_i}{A_g} \left(1 + \frac{eC_2}{r^2}\right) + \frac{M_o}{S_2}$$

□ M_o لنگر خمشی ناشی از وزن تیر ، وقتی مثبت است که در تار پایین ایجاد کشش نماید.

مرحله خدمت (بهره برداری)

□ در این حالت علاوه بر وزن تیر، بارهای مرده به علت سایر عوامل (که از این به بعد به آنها بارهای مرده خارجی می‌گوییم) و بارهای زنده بر تیر وارد می‌شوند

$$f_1 = -\frac{T_e}{A_g} \left(1 - \frac{eC_1}{r^2}\right) - \frac{M_t}{S_1} \quad f_2 = -\frac{T_e}{A_g} \left(1 + \frac{eC_2}{r^2}\right) + \frac{M_t}{S_2}$$

$$M_t = M_o + M_d + M_\ell$$

□ M_o = لنگر خمشی ناشی از وزن تیر

□ M_d = لنگر خمشی ناشی از بار مرده خارجی

□ M_ℓ = لنگر خمشی ناشی از بار زنده

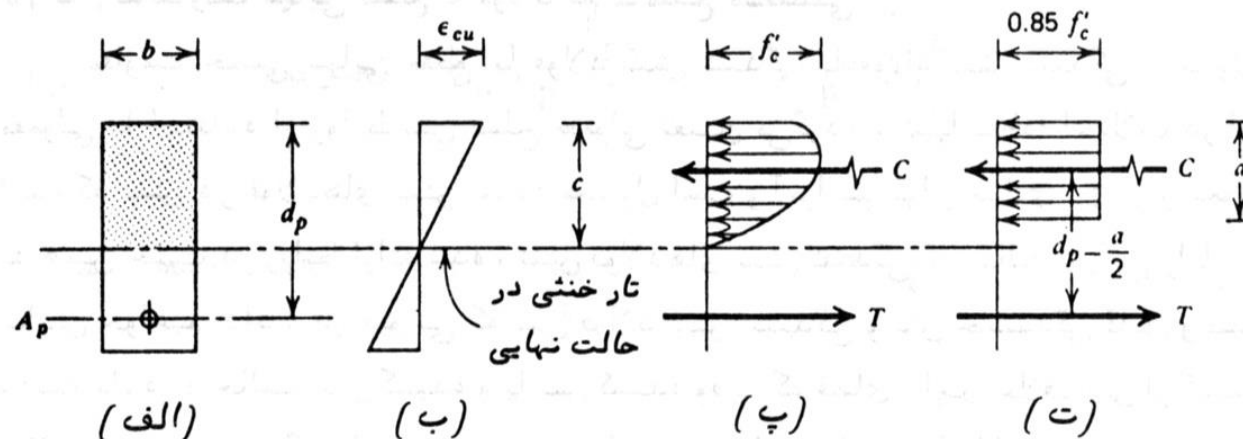
مشخصات هندسی مقطع

- وجود سوراخ در مقطع به منظور عبور فولادهای پس کشیدگی، قبل از عمل تزریق، باعث کاهش مشخصات هندسی مقطع می شود. در بعضی از موارد اثر کاهش سطح سوراخ ها ناچیز و در بعضی مواقع قابل توجه می باشد. به هر حال در اغلب موارد، عملی از اثر کاهش دهنده سوراخ بر مشخصات هندسی مقطع صرف نظر می شود.
- تقریب استفاده از مقطع بتنی کل به جای مقطع تبدیل یافته ترک نخورده بسیار ناچیز است و در جهت سهولت استفاده از مقطع بتنی کل، دارای دقت کافی می باشد.

مقاومت نهایی خمشی اعضای پیش تنیده

□ کنترل تیرهای پیش‌تنیده در مقابل بارهای خدمت با استفاده از تئوری خمش مقطع همگن در حالت الاستیک صورت می‌گیرد .

□ اگر بارهای وارد بر یک تیر پیش‌تنیده را به میزان بیش از بار خدمت افزایش دهیم، زمانی می‌رسد که تنش‌های کششی وارد بر مقطع از مدول گسیختگی بتن تجاوز می‌کنند و ترک می‌خورد. در این حالت، رفتار تیر پیش‌تنیده بسیار شبیه رفتار تیر مسلح معمولی می‌باشد.



مقطع بحرانی برای برش

- نیروی برشی حداکثر، نیروی برشی در لبه تکیه گاه می باشد.
- در صورتی که واکنش تکیه گاهی، در امتداد نیروی برش در انتهای تیر نیروی فشاری وارد آورد و هم چنین بین لبه تکیه گاه تا مقطع بحرانی، نیروی متمرکز وجود نداشته باشد، در تیرهای پیش تنیده مقطع بحرانی برش به فاصله $h/2$ از لبه تکیه گاه در نظر گرفته می شود
- حد فاصل لبه تکیه گاه تا مقطع $h/2$ برای نیروی برشی موجود در مقطع محاسبه می گردد.

طراحی تیرچه

طراحی برشی (طولی)

BS EN 15037-1:2008
EN 15037-1:2008 (E)

Nominal dimensions in millimetres

Annex C (informative)

Monolithism of composite floor systems

C.1 General

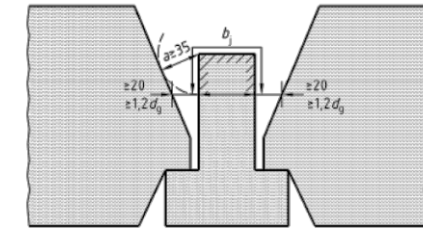
The design shear stress at the interface should satisfy 6.2.5 of [EN 1992-1-1:2004](#) with the values given in Table 3, for all loads applied to the floor.

The calculated shear strength of the composite floor system cannot be greater than the shear strength of the monolithic slab with the same characteristics, and not greater than $0,03 f_{ck}$.

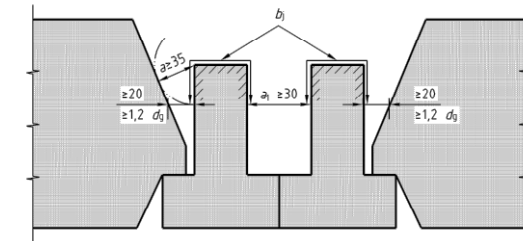
NOTE A calculation per phases may be carried out.

No connecting reinforcement is required if the blocks used comply with Figure C.1, if the beam surface is as defined in 4.3.2.2 and if the beam is dealt with by a quality assessment as defined in Clause 6.

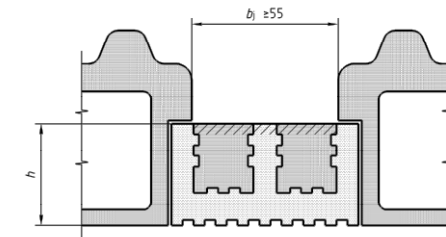
When connecting reinforcements are necessary, they are arranged on the end thirds of the beams.



a) case of isolated beams



b) case of twin beams

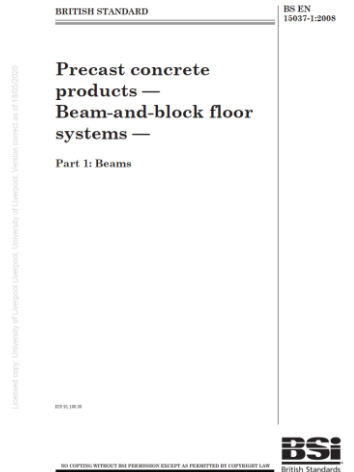
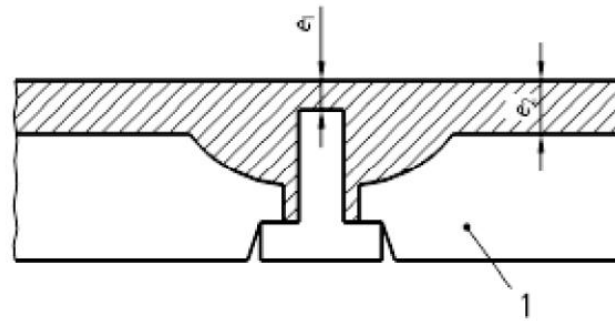
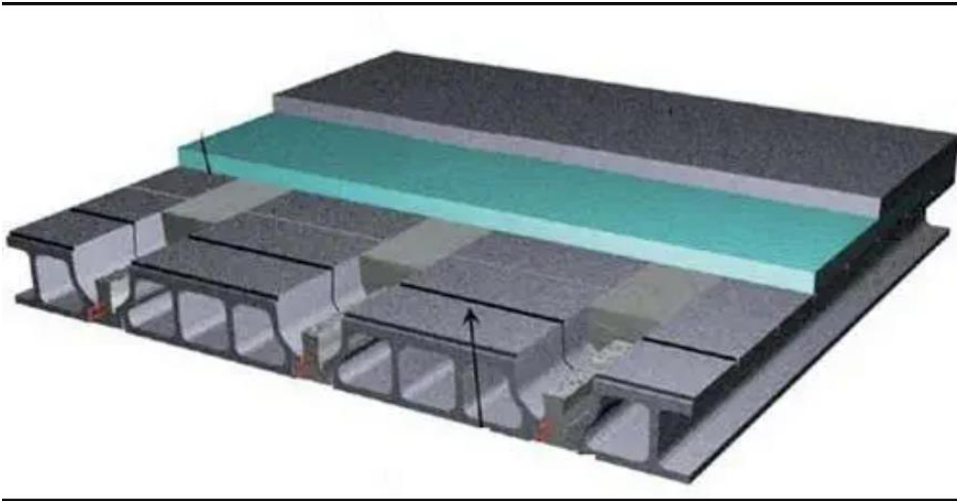


c) case of beams without lattice girder and without web

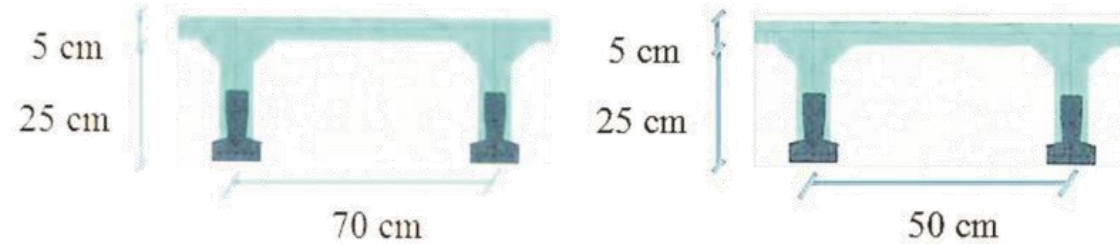
Figure C.1 — Definition of the effective contour of the interface (the effective contour, b_f , is hatched)

طراحی تیرچه

□ شکل قالب های پر کننده



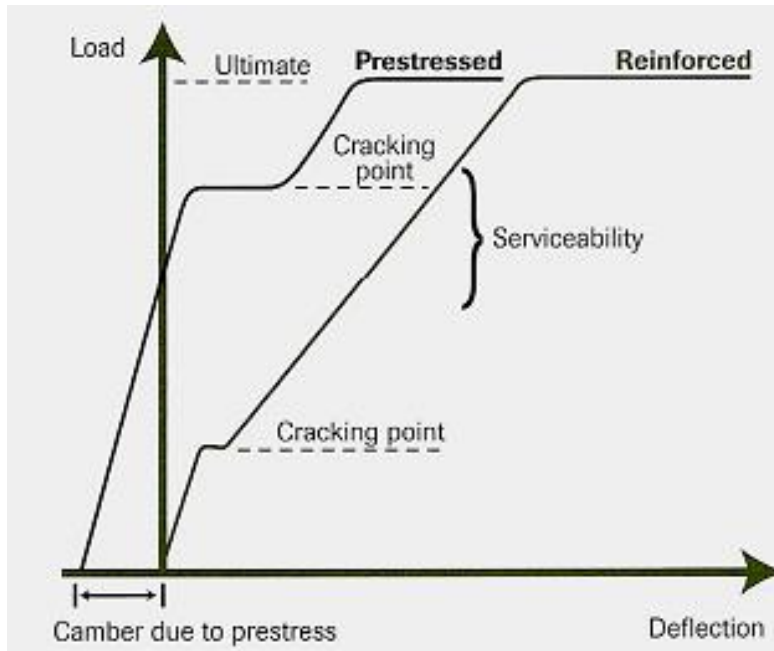
جدول محاسبه تپ تیرچه بر حسب فاصله تیرچه ها و ارتفاع فوم



تپ تیرچه	بارگذاری مسکونی	بارگذاری مسکونی	بارگذاری مسکونی	بارگذاری مسکونی	بارگذاری مسکونی	بارگذاری مسکونی	بارگذاری پارکینگ
دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۵۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۲۰ سانتی متر	دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۵۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۲۵ سانتی متر	دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۵۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۳۰ سانتی متر	دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۷۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۲۰ سانتی متر	دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۷۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۲۵ سانتی متر	دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۷۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۳۰ سانتی متر	دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۷۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۳۵ سانتی متر	دهانه پاسخگو در فاصله تیرچه ۷۰ سانتی متر و ارتفاع فوم ۴۰ سانتی متر
۴/۷m	۵/۴m	۵/۵m	۴/۱m	۴/۶m	۴/۴m	۳/۷m	۳/۷m
۵/۷m	۶/۴m	۶/۶m	۵m	۵/۶m	۵/۳m	۴/۶m	۴/۶m
۶/۳m	۷/۴m	۷/۷m	۵/۶m	۶/۵m	۶/۲m	۵/۳m	۵/۳m
۷/۷m	۸/۳m	۸/۶m	۶/۱m	۷/۳m	۶/۹m	۶m	۶m
۸/۲m	۹/۱m	۹/۳m	۶/۷m	۷/۹m	۷/۴m	۶/۴m	۶/۴m

طراحی تیرچه

کنترل خیز



- خیز در حالت بهره برداری و مقطع ترک نخورده محاسبه می شود.
- نیروی پیش تنیدگی عامل مهمی جهت کاهش خیز است.

Table 1-2: Maximum Permissible Computed Deflections (reproduced with permission from ACI 318-08)

Type of member	Deflection to be considered	Deflection limitation
Flat roofs not supporting or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large deflections	Immediate deflection due to live load L	$\ell/180^*$
Floors not supporting or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large deflections	Immediate deflection due to live load L	$\ell/360$
Roof or floor construction supporting or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large deflections	That part of the total deflection occurring after attachment of nonstructural elements (sum of the long-term deflection due to all sustained loads and the immediate deflection due to any additional live load) [†]	$\ell/480^\ddagger$
Roof or floor construction supporting or attached to nonstructural elements not likely to be damaged by large deflections		$\ell/240^\S$

*Limit not intended to safeguard against ponding. Ponding should be checked by suitable calculations of deflection, including added deflections due to ponded water, and considering long-term effects of all sustained loads, camber, construction tolerances, and reliability of provisions for drainage.

[†]Long-term deflection shall be determined in accordance with 9.5.2.5 or 9.5.4.3, but may be reduced by amount of deflection calculated to occur before attachment of nonstructural elements. This amount shall be determined on basis of accepted engineering data relating to time-deflection characteristics of members similar to those being considered.

[‡]Limit may be exceeded if adequate measures are taken to prevent damage to supported or attached elements.

[§]Limit shall not be greater than tolerance provided for nonstructural elements. Limit may be exceeded if camber is provided so that total deflection minus camber does not exceed limit.

BS EN 15037-1:2008
EN 15037-1:2008 (E)

Annex L (informative)

Acoustic insulation

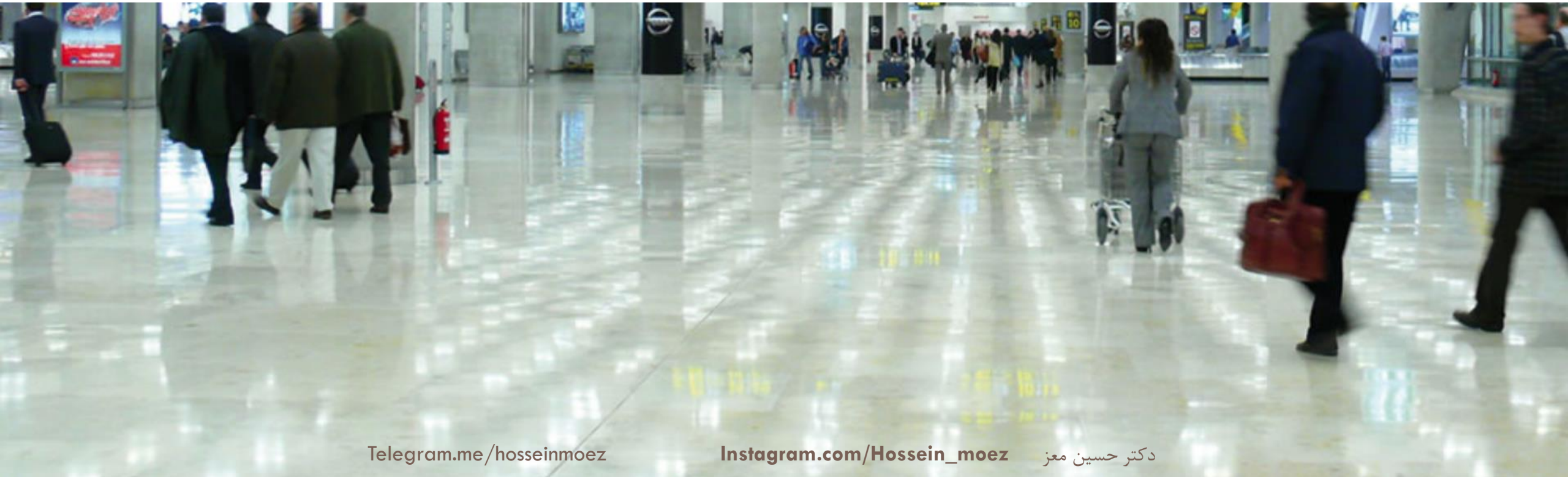
L.1 General

Acoustic performances depend on the finished floor system. Without applied ceiling, and with or without plastering in lower face, beam-and-block floor systems get slightly lower acoustic insulation (up to 4 dB) than that of a solid slab with the same mass, depending on the hollows of the blocks.

- روابطی برای محاسبه میزان مقاومت در برابر عبور صدای هوابرد و کوبه ای بر اساس جرم سقف و ضخامت آن وجود دارد.

- انجام آزمایش، نتایج دقیق تری به همراه خواهد داشت.

کنترل ارتعاش





پارامترهای تاثیر گذار:



- جهت ارتعاش
- حالت افراد
- فعالیت در حال انجام
- کاربری

فاکتورهای تاثیرگذار بر رفتار ارتعاشی کف ها

مقدار میرایی سازه

□ کاهش تدریجی دامنه ی ارتعاش، میرایی نامیده می شود.

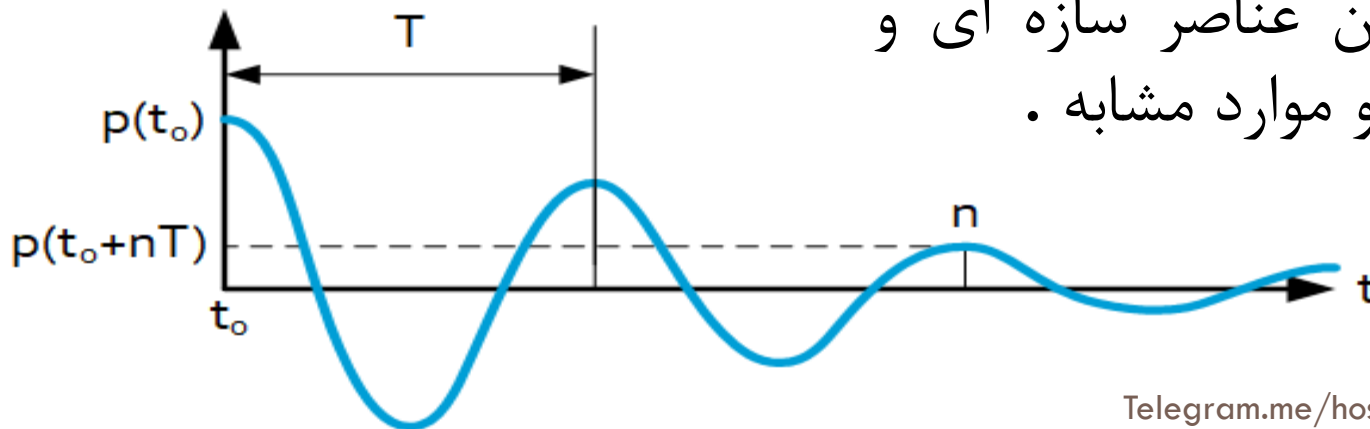
□ به عبارتی دیگر، انرژی جنبشی ارتعاشی سیستم بنا به مکانیسم های مختلفی مستهلک می شود.

□ در یک سازه ی در حال ارتعاش، این مکانیسم ها عبارتند از، اصطکاک در اتصالات فولادی ، باز و بسته شدن ترکهای میکروسکوپی در بتن ، اصطکاک بین عناصر سازه ای و ناسازه ای (نظیر دیوارهای جداساز) و موارد مشابه .

$$\Lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{p(t)}{p(t+nT)}$$

The damping ratio is calculated by:

$$\zeta = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi}{\Lambda}\right)^2}}$$





Design of floor structures for human induced vibrations

M. Feldmann, Ch. Heinemeyer, Chr. Butz, E. Caetano, A. Cunha, F. Galanti, A. Goldack, O. Hechler, S. Hicks, A. Kell, M. Lukic, R. Obiala, M. Schlaich, G. Sedlacek, A. Smith, P. Waarts

Background document in support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes

مراحل کنترل دقیق ارتعاش سقف



Type	Damping (% of critical damping)
Structural Damping D_1	
Wood	6%
Concrete	2%
Steel	1%
Composite (steel-concrete)	1%
Damping due to furniture D_2	
Traditional office for 1 to 3 persons with separation walls	2%
Paperless office	0%
Open plan office	1%
Library	1%
Houses	1%
Schools	0%
Gymnastic	0%
Damping due to finishes D_3	
Ceiling under the floor	1%
Free floating floor	0%
Swimming screed	1%
Total Damping $D = D_1 + D_2 + D_3$	

- تعیین میرایی

- تعیین جرم مودی

- تعیین فرکانس طبیعی

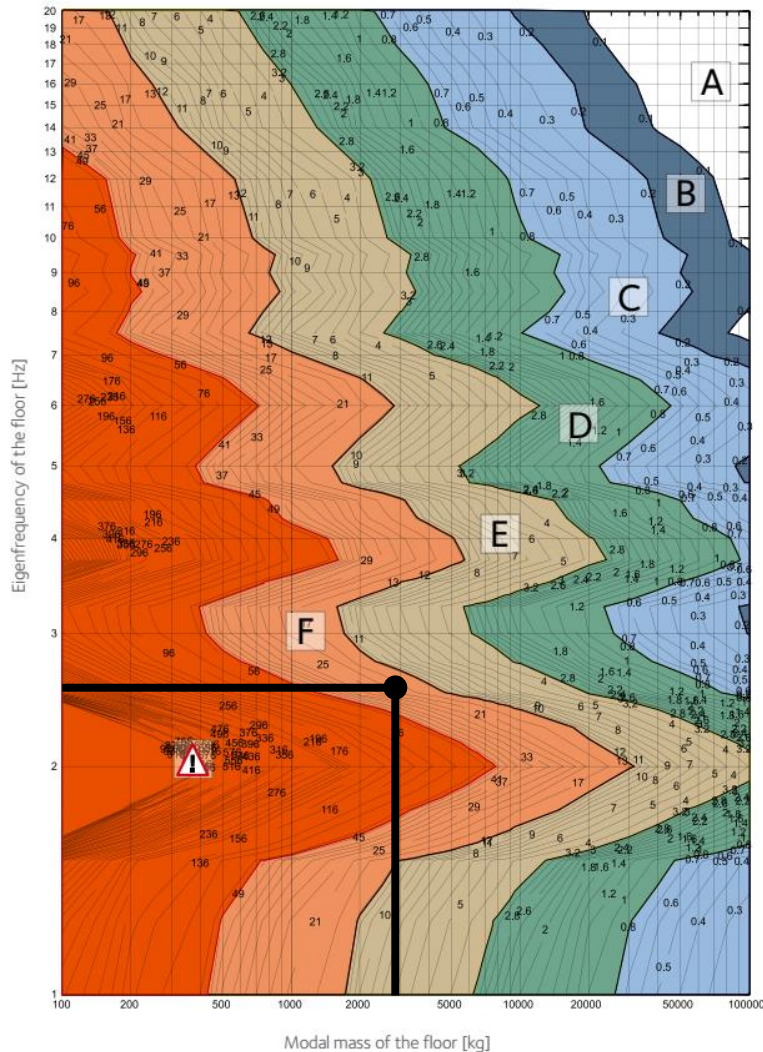
- تعیین مقادیر $OS - RMS_{90}$



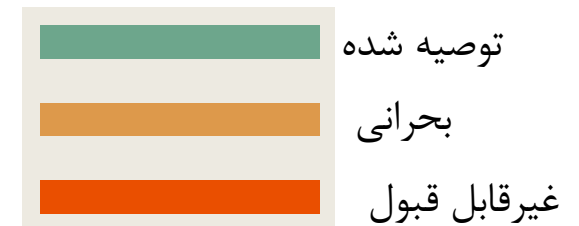
تعیین حد قابل قبول ارتعاش سقف

کاربری کف ها

میزان ارتعاش کف و محسوس بودن آن ارتباط مستقیم با کاربری مربوطه دارد. علاوه بر تغییر میزان میرایی مطابق جدول صفحه قبل، تغییرات در محدودیت های آیین نامه ای نیز تاثیر فراوان بر طرح نهایی خواهند داشت. ضوابط مربوط به ارتباط کاربری و دسته بندی بندی در نمودار های زیر ارائه شده است:



Class	OS-RMS ₉₀		Function of Floor									
	Lower Limit	Upper Limit	Critical Workspace	Health	Education	Residential	Office	Meeting	Retail	Hotel	Industrial	Sport
A	0.0	0.1										
B	0.1	0.2										
C	0.2	0.8										
D	0.8	3.2										
E	3.2	12.8										
F	12.8	51.2										



پاسخ دینامیکی کف ها

- بر اساس مصالح مورد استفاده در کف های سازه ای و ضخامت و سختی آنها، پاسخ های دینامیکی کف به نحو قابل ملاحظه ای تغییر پیدا می کنند.
- یک کف در برابر بار اعمالی شروع به ارتعاش می کند. خاصیت مهمی از کف که در محاسبات مد نظر است، فرکانس طبیعی کف است که معمولاً از مود اول ارتعاش استخراج می شود.
- در هنگام ارتعاش، هر سازه یا جرم مرتعش با درجات آزادی زیاد، دارای مود های ارتعاشی متعددی است. مود اول به مودی اطلاق می شود که با کمترین انرژی صرف شده بروز می کند و در حقیقت سازه مورد نظر تمایل بیشتری به تغییر شکل مود اول دارد و مابقی مودها با ضرایبی در این مود ادغام می شوند.
- توصیه هایی در آیین نامه ها وجود دارد که جهت سخت گیری بیشتر در انتخاب فرکانس طبیعی، به افزایش مدول الاستیسته و استفاده از ممان اینرسی موثر اشاره دارند.

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، ویرایش پنجم

برای محاسبه‌ی فرکانس دوره‌ای، f ، می‌توان از رابطه‌ی (۹-۱۹-۶) استفاده نمود.

$$f = \frac{18}{\sqrt{\Delta I_s}} \quad (۹-۱۹-۶)$$

که در آن ΔI_s تغییر مکان استاتیکی قائم حداکثر کف تحت اثر بار مرده و بخشی از بار زنده که دائمی فرض می‌شود (بر حسب میلی متر)، و f فرکانس دوره‌های ارتعاش بر حسب هرتز می‌باشد. در صورتی که به مطالعات جامع تر برای ارتعاش کف ها نیاز باشد می‌توان از مراجع معتبر بین‌المللی دیگر بجای رابطه ۹-۱۹-۶ و جدول ۹-۱۹-۴ استفاده نمود.

جدول ۹-۱۹-۱ ممان اینرسی مؤثر، I_e

لنگر سرویس	ممان اینرسی مؤثر، I_e
$M_a \leq \frac{2}{3} M_{cr}$	I_g
$M_a > \frac{2}{3} M_{cr}$	$\frac{I_{cr}}{1 - \left(\frac{\frac{2}{3} M_{cr}}{M_a}\right)^2} \left(1 - \frac{I_{cr}}{I_g}\right)$

در روابط جدول ۹-۱۹-۱، M_{cr} لنگر خمشی ترک خوردگی مقطع بوده و بر اساس رابطه‌ی (۹-۱۹-۱) محاسبه می‌شود:

جدول ۹-۱۹-۴ حداقل فرکانس دوره‌ای کفها

نوع کاربری	حداقل فرکانس دوره‌ای کفها (f)
ساختمان‌های مسکونی و اداری	$f \geq 5 \text{ Hz}$
ساختمان‌های تجاری-فروشگاهها	$f \geq 4 \text{ Hz}$
سالن‌های اجتماعات با صندلی‌های ثابت	$f \geq 4 \text{ Hz}$
سالن‌های اجتماعات بدون صندلی‌های ثابت	$f \geq 8.5 \text{ Hz}$
تعمیرگاه‌ها، سالن‌های ژیمناستیک و ورزشی	$f \geq 9.5 \text{ Hz}$
پارکینگ‌ها	$f \geq 4 \text{ Hz}$

در محاسبه‌ی فرکانس دوره ای ارتعاش کف‌ها، باید اثر ترک خوردگی قطعات، با منظور نمودن ممان اینرسی مؤثر، I_e ، متناظر با بارهای مرده و زنده‌ی بدون ضریب، در محاسبه‌ی تغییر شکل‌ها مورد توجه قرار گیرد. این تغییر شکل‌ها مربوط به اثر بارهای مرده و بخشی از بارهای زنده که دائمی فرض می‌شود (بدون ضرایب بار) بوده و ضریب ارتجاعی دینامیکی بتن ۱/۲۵ برابر مقدار E_c منظور می‌گردد.

مطابق دستورالعمل 1999 ATC Design Guide 1: Minimizing Floor Vibration, مقادیر مختلفی برای ارتعاش کف ها ارائه شده است:

Table 2-5 Determination of Required Natural Frequency for Rhythmic Events (NBCC, 1995)

Activity and construction	Required natural frequency, f_n (Hz)
Dancing and Dining ($a_0/g = 0.02$; $f = 3$ Hz; $w_p = 12$ psf)	
Heavy Floor 100 psf	6.4
Medium Floor 50 psf	8.3
Light Floor 20 psf	12
Lively Concert^a or Sports Event ($a_0/g = 0.05$; $f = 5$ Hz; $w_p = 30$ psf)	
Heavy Floor 100 psf	5.9
Medium Floor 50 psf	6.5
Light Floor 20 psf	8.0
Aerobics only ($a_0/g = 0.05$; $f = 8.25^b$ Hz; $w_p = 4$ psf)	
Heavy Floor 100 psf	8.9
Medium Floor 50 psf	9.4
Light Floor 20 psf	13
Aerobics and Weight Lifting ($a_0/g = 0.02$; $f = 8.25^b$ Hz; $w_p = 2.5$ psf)	
Heavy Floor 100 psf	9.2
Medium Floor 50 psf	11
Light Floor 20 psf	16

a. Assumes fixed seating (see footnote to Table 2-4)

b. Sometimes governed by the second harmonic, $f = 5.5$ Hz



۳-۳-۹ نیروی قائم ناشی از زلزله

۳-۳-۹-۱ نیروی قائم ناشی از زلزله که اثر مؤلفه قائم شتاب زلزله در ساختمان است، در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.

الف- کل سازه ساختمان‌هایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده‌اند.

ب- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می‌باشد، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها.

پ- تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می‌کنند، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها. در صورتی که بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می‌شود.

ت- بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌هایی که به صورت طره ساخته می‌شوند.

□ کنترل بار قایم زلزله برای مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد در کل سازه ضروری است.

□ کنترل بار قایم زلزله در مناطق با خطر نسبی زیاد در کنسول‌ها و تیرهای طویل ضروری است.

ملاحظات مدلسازی و ترسیم

وزن سقف و فاصله تیرچه ها

E Deck Property Data

General Data

Property Name: TIRCHE25PT

Type: Filled

Slab Material: CONC

Deck Material: OTHER

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

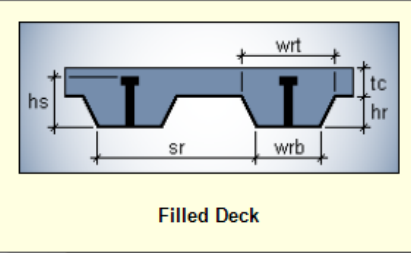
Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Slab Depth, tc	5	cm
Rib Depth, hr	25	cm
Rib Width Top, wrt	16	cm
Rib Width Bottom, wrb	12	cm
Rib Spacing, sr	50	cm
Deck Shear Thickness	0.1	cm
Deck Unit Weight	0	kgf/cm ²
Shear Stud Diameter	1.9	cm
Shear Stud Height, hs	15	cm
Shear Stud Tensile Strength, Fu	4078.87	kgf/cm ²

OK Cancel



□ در صورت استفاده از قالب های پلی استایرنی متداول، اعداد متداول برای طراحی سقف قابل قبول است (در حدود ۲۷۵ کیلوگرم بر مترمربع، شامل تیرهای عرضی)

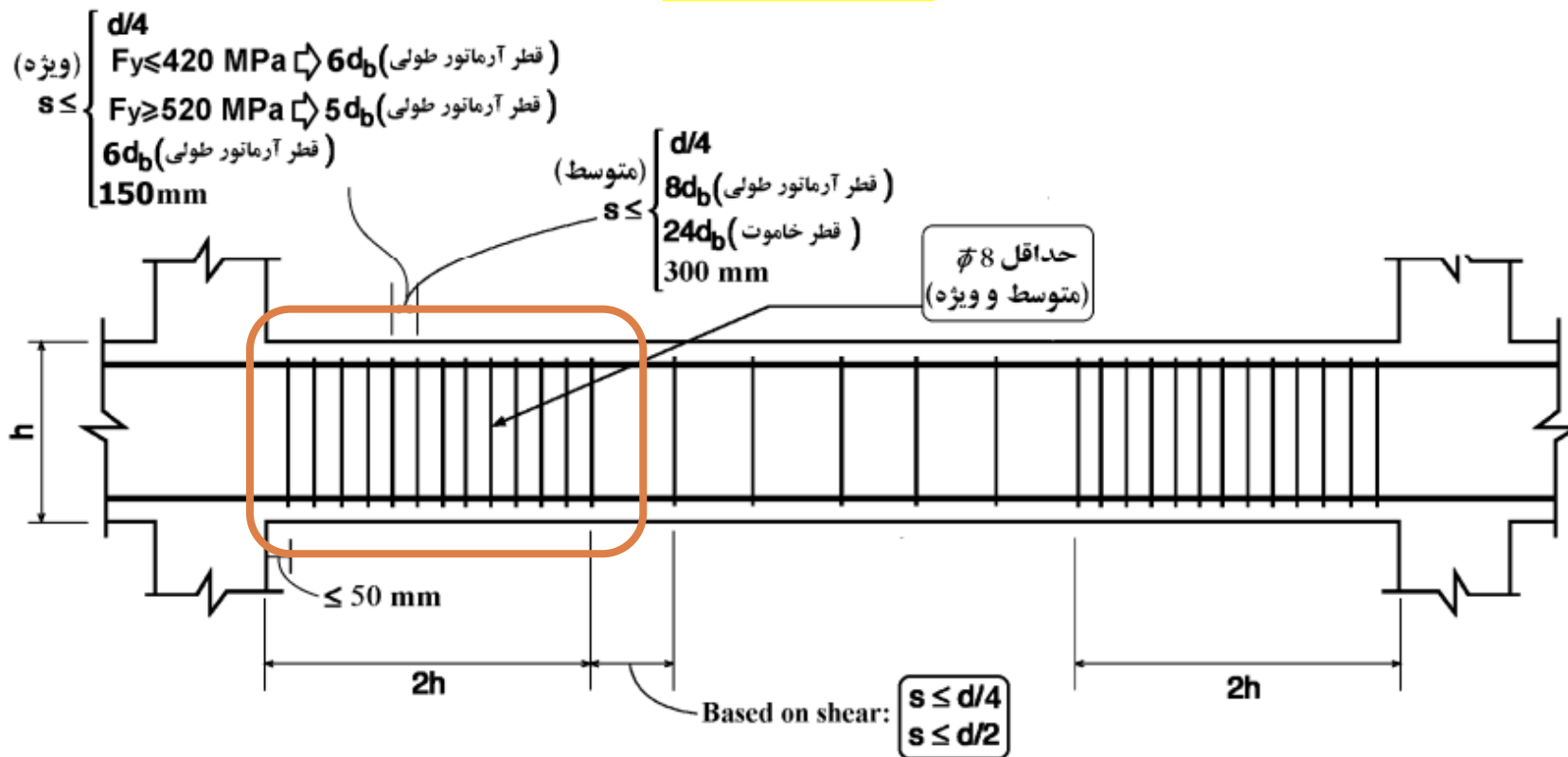
□ در دهانه های بزرگ و فوم های متفاوت بهتر است جان تیرچه از ۱۲ سانتی متر در پایین شروع شده و تا ۱۶ سانتی متر در بالا مدل شود.

ملاحظات مدلسازی و ترسیم

□ فاصله خاموت ها

۶ فواصل تنگ ها در تیر و ستون

مبحث نهم ویرایش ۹۹

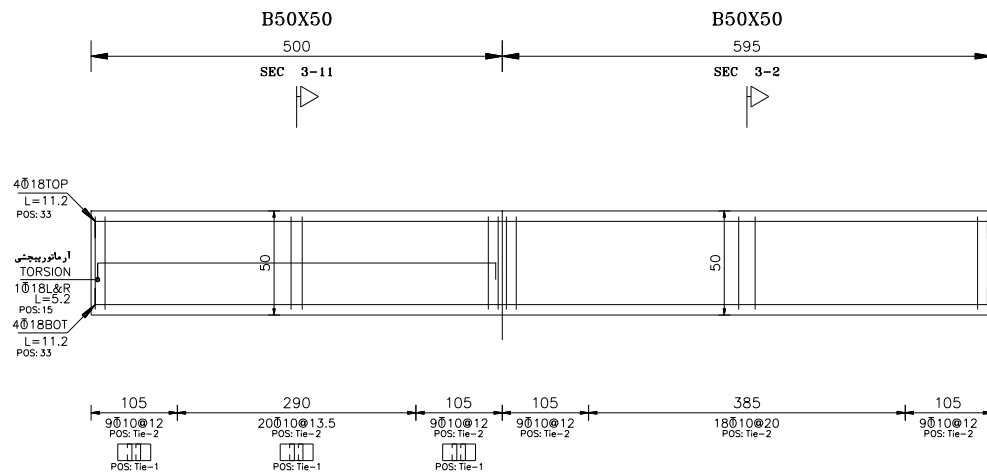


□ با توجه به عرض متوسط ۱۲ سانتی متری پاشنه تیرچه ها، انتخاب تیر با ارتفاع کمتر از ۵۰ سانتی متر باعث عدم رعایت حداقل فاصله خاموت خواهد شد.

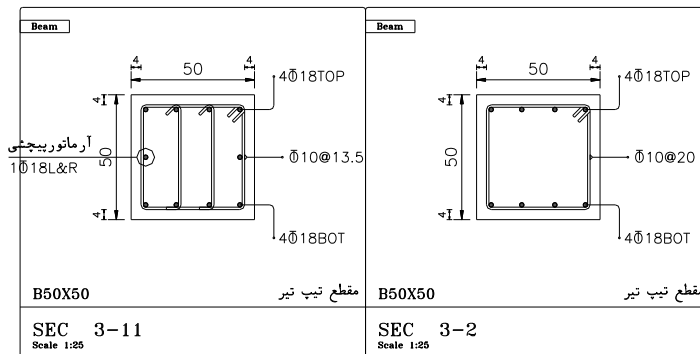
$$(50-5)/4 = 12.5 \text{ cm}$$



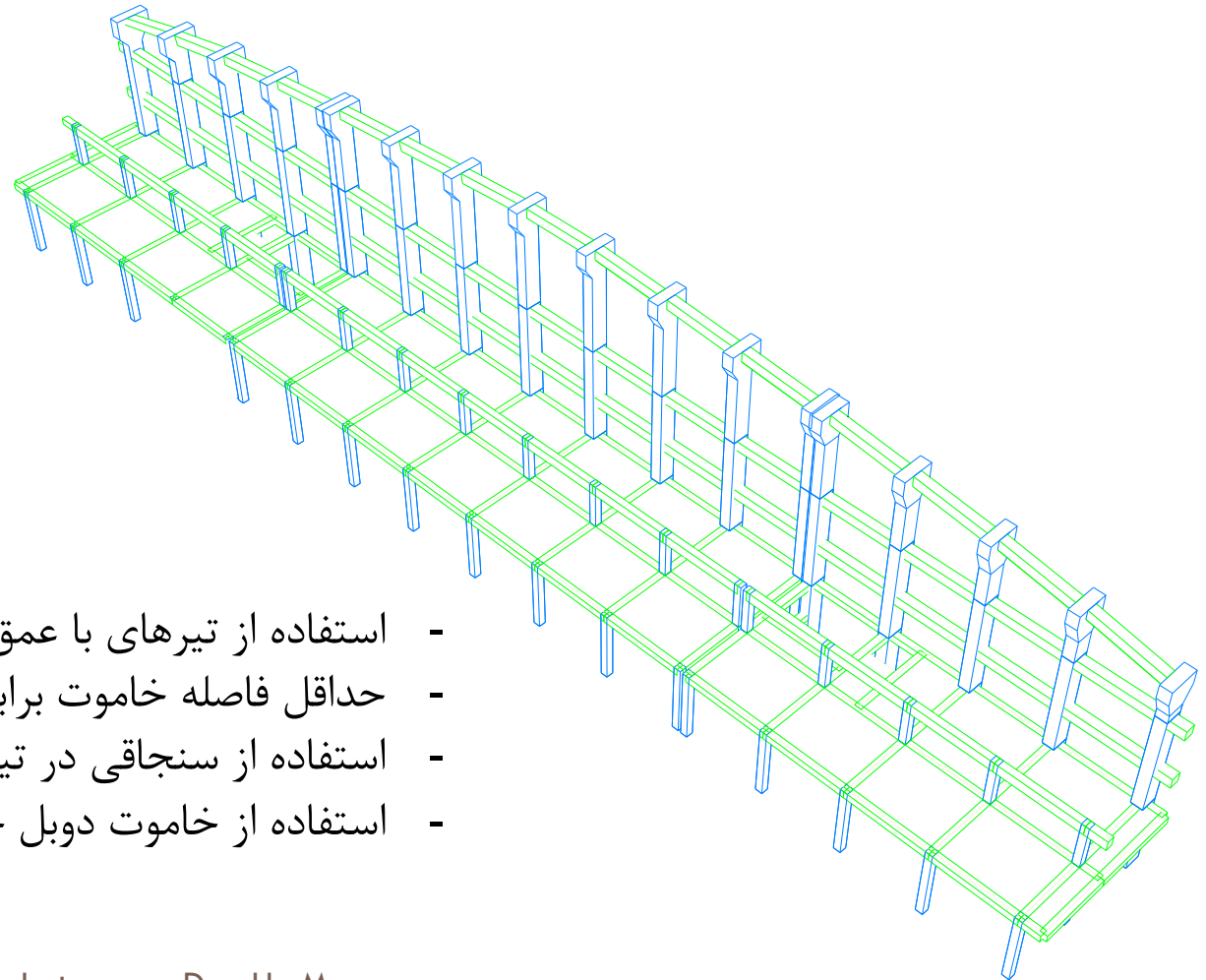




BEAM PROFILE: BP-8 جزئیات اجرایی تیر تیپ ۸
Stories: STORY1
Elevations: 5
(H-Scale 1:70 , V-Scale 1:30)

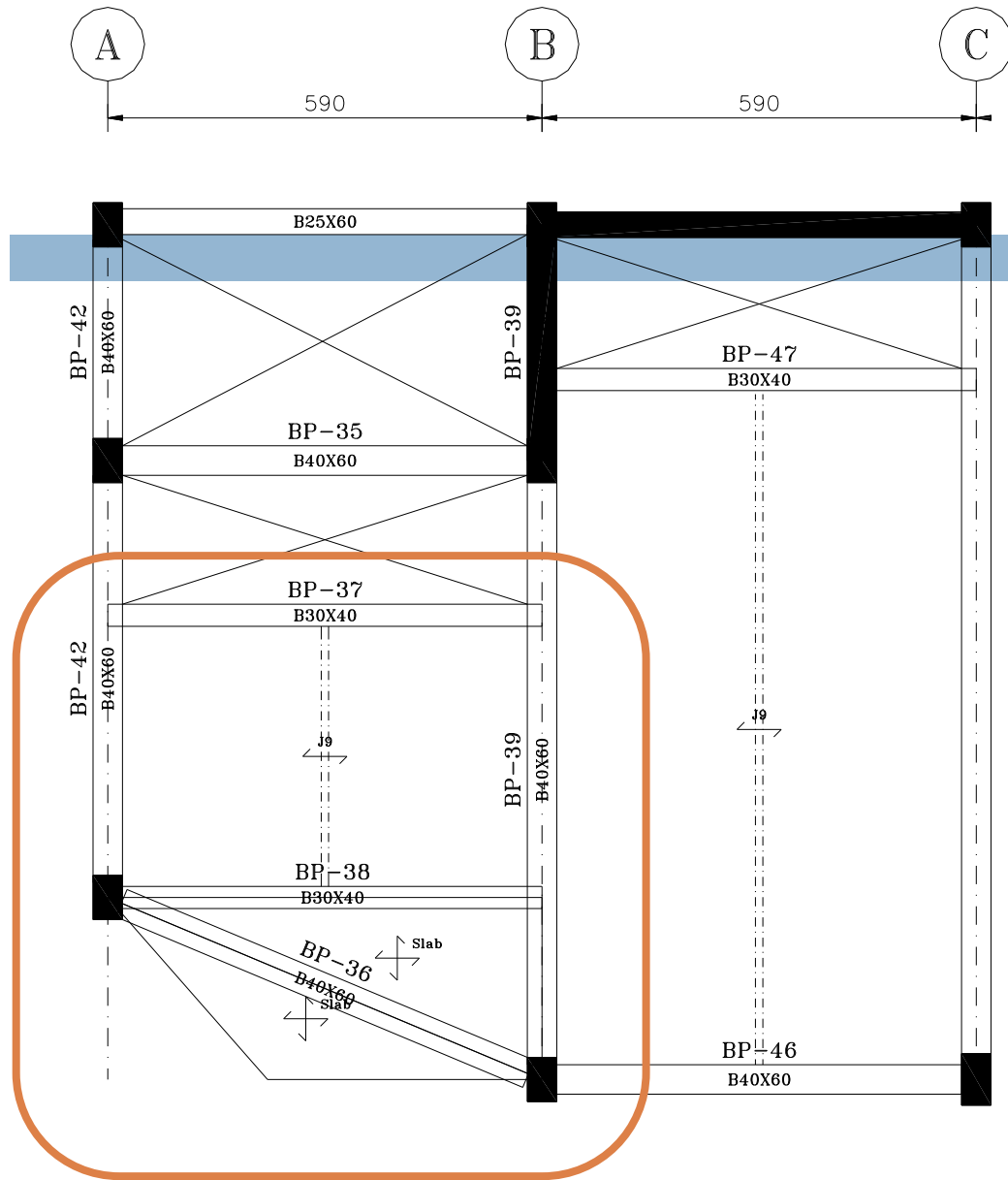


- استفاده از تیرهای با عمق ۵۰ سانتی متر
- حداقل فاصله خاموت برابر ۱۲ سانتی متر
- استفاده از سنجاقی در تیرهای پر برش
- استفاده از خاموت دابل جهت جبران برش

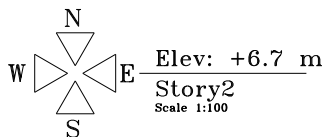


ملاحظات مدلسازی و ترسیم

تیرهای مایل



□ پیشنهاد می شود تا حد امکان از بر خورد
تیرچه با تیر مایل خودداری شود!



پلان تیرریزی سقف ۲



84

از صبر و حوصله شما بسیار ممنونم