مشاوران سازه اندرکنش

طراح تخصصی سازه‌های بتنی دهانه بلند

نگارش و تولید محتوا: مهندس غزاله روحبخش

ناظر علمی: دکتر مجید هاشمی

تابستان ۱۴۰۴

راهنمای جامع و کامل

طراحی سقف تیرچه بلوک

فهرست مطالب

۱- معرفی سقف تیرچه بلوک بتنی ۱
۱-۱- اجزای تشکیل دهنده سقف تیرچه بلوک ۱
۱-۲- محاسبه طول موثر تیرچه ۲
۲- بارگذاری ۲
۲-۱- محاسبه بار مرده ۲
۲-۲- محاسبه بار زنده ۷
۲-۳- بار زلزله قائم ۷
۲-۴- ترکیب بارها ۷
۲-۵- بار متمرکز ۸
۲-۶- ابعاد استاندارد در طراحی سقف تیرچه بلوک: از ضخامت تا ارتفاع ۹
۲-۷- حداقل ارتفاع تیرچه و بتن رویه ۱۰
۲-۸- کنترل ضخامت دال روی تیرچه ها ۱۰
۲-۹- کنترل ابعاد بتن پاشنه ۱۱
۳- میلگردگذاری سقف تیرچه بلوک ۱۱
۳-۱- میلگرد افت و حرارت ۱۱
۳-۲- میلگرد زیرین (کششی اصلی یا تقویتی) ۱۱
۳-۳- میلگرد فوقانی(فشاری) ۱۲
۳-۴- میلگرد عرضی(زیگزاگ) ۱۲
۳-۵- میلگرد منفی ۱۳
۳-۶- کلاف میانی(ژوئن) ۱۳
۳-۷- میلگرد اودکا ۱۴
۴- کنترل خیز و ارتعاش ۱۵
۴-۱- کنترل خیز ۱۵
۴-۲- کنترل ارتعاش ۱۵
۵- سوالات متداول ۱۶
۶- مثال عددی طراحی سقف تیرچه بلوک ۱۷
۷- مراجع ۲۳

۱-معرفی سقف تیرچه بلوک بتنی

سقف تیرچه بلوک یکی از رایج‌ترین انواع سقف‌های ساختمانی در سازه‌های بتنی و فلزی است که به دلیل مزایای متعدد، در پروژه‌های مسکونی، اداری و تجاری به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

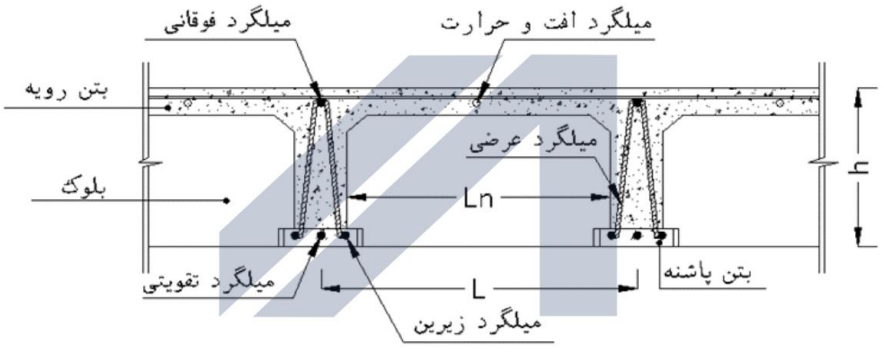
این سقف برای دهانه‌هایی تا طول **۷ متر** کاربرد دارد. برای کاربری پارکینگ با دهانه‌هایی با طول بیشتر از ۷ متر، این سقف توضیه نمی‌شود و در صورت استفاده، تیرچه ها باید دوبل شوند.

۱-۱-اجزای تشکیل دهنده سقف تیرچه بلوک

اجزای اصلی سقف تیرچه بلوک عبارت است از :

- **تیرچه‌ها و بتن پاشنه (فلزی، بتنی یا پیش‌تنیده)**
- **بلوک‌های پرکننده (بتنی، سفالی یا پلی‌استایرن)**
- **بتن پوششی (بتن رویه)**
- **میلگرد زیرین (کششی اصلی و تقویتی)**
- **میلگرد فوقانی (فشاری)**
- **میلگرد افت و حرارت**
- **میلگرد عرضی (زیگزاگ)**

این اجزا در شکل (۱) نشان داده شده اند و در ادامه در فصل‌های بعد تشریح خواهندشد.



شکل(۱) اجزای تشکیل دهنده سقف تیرچه بلوک

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰
Interaction-str.ir

۲-۱-محاسبه طول موثر تیرچه

برای در نظر گرفتن طول موثر تیرچه صراحت آیین نامه ای وجود ندارد اما هر یک از طول‌های زیر با توجه به شکل (۱) می‌تواند ملاک عمل قرار گیرد:

- **طول L**
- **طول خالص L_n**
- **طول خالص L_n به علاوه‌ی ۳۰۰میلی‌متر (طول قطع میلگرد فوقانی)**
- **طول خالص L_n به علاوه‌ی h (ارتفاع سقف)**

رایج ترین طول که برای طول موثر تیرچه پیشنهاد می‌شود، **طول خالص دهانه** یا همان Ln است.

۲-بارگذاری

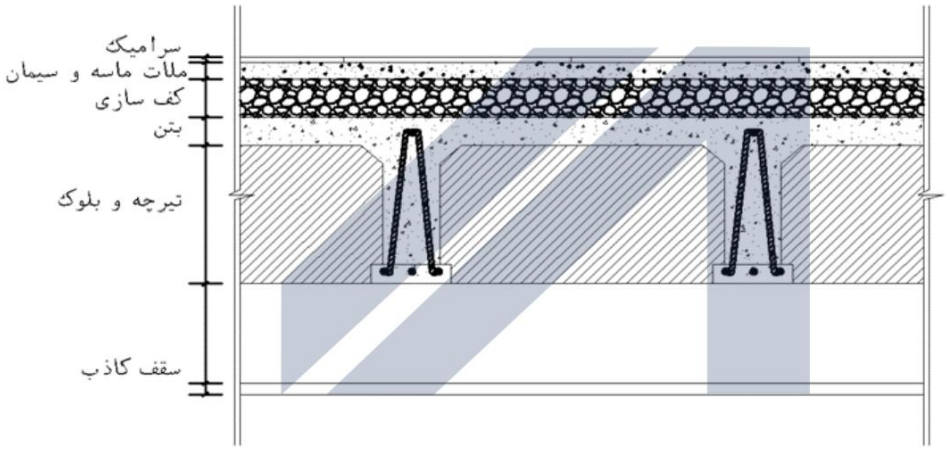
بارگذاری سقف و محاسبه آن، برای طراحی تیرچه ها و بتن رویه در این بخش تشریح خواهد شد.

۲-۱-محاسبه بار مرده

برای محاسبه بار مرده سقف، جنس بلوک مورد استفاده، جنس پرکننده و کاربری سقف پارامترهای تاثیرگذار هستند، یک نمونه جزییات مقطع سقف با کف سازی در شکل(۲) آورده شده است؛ بدین ترتیب در ادامه بار مرده سقف تیرچه بلوک در حالت‌های مختلف محاسبه شده است و در جداول مبنای محاسبه، بار مرده کف سازی با جنس‌های مختلف می‌باشد؛ لذا بار بتن تیرچه ها و بتن رویه و بار تیغه بندی در جداول اعمال نشده است و باید جداگانه محاسبه شوند. نام‌گذاری جدول(۱) تا جدول(۶) برحسب تعاریف زیر صورت گرفته است:

- **FJF-1: سقف تیرچه مسکونی با بلوک پلی استایرن و کف سازی از جنس پوکه**
- **FJF-2: سقف تیرچه مسکونی با بلوک پلی استایرن و کف سازی از جنس فوم بتن**
- **FJF-3: سقف تیرچه مسکونی با بلوک پوکه و کف سازی از جنس پوکه**
- **FJF-4: سقف تیرچه مسکونی با بلوک پوکه و کف سازی از جنس فوم بتن**
- **FJF-5: سقف تیرچه بام با بلوک پلی استایرن**
- **FJF-6: سقف تیرچه بام با بلوک پوکه**

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir



شکل(۲) نمونه مقطع سقف تیرچه بلوک با کف سازی

جدول(۱) بار مرده کف سازی سقف FJF-1

FJF-1				
ردیف	شرح	ضخامت(m)	وزن مخصوص(Kg/m3)	جمع(Kg/m2)
1	سرامیک	0.007	2100	14.7
2	ملات ماسه سیمان	0.025	2100	52.5
3	کف سازی (پوکه)	0.070	1300	91.0
4	تاسیسات			10.0
5	بلوک پلی استایرن	0.1	14	1.4
6	شبکه نصب کناف			2.0
7	کناف گچ	0.025	1300	32.5
8	مجموع بار مرده			204

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

جدول(۲) بار مرده کف سازی سقف FJF-2

FJF-2				
ردیف	شرح	ضخامت(m)	وزن مخصوص(Kg/m3)	جمع(Kg/m2)
1	سرامیک	0.007	2100	14.7
2	ملات ماسه سیمان	0.025	2100	52.5
3	کف سازی (فوم بتن)	0.100	600	60.0
4	تاسیسات			10.0
5	بلوک پلی استایرن	0.1	14	1.4
6	شبکه نصب کناف			2.0
7	کناف گچ	0.025	1300	32.5
8	مجموع بار مرده			173

جدول(۳) بار مرده کف سازی سقف FJF-3

FJF-3				
ردیف	شرح	ضخامت(m)	وزن مخصوص(Kg/m3)	جمع(Kg/m2)
1	سرامیک	0.007	2100	14.7
2	ملات ماسه سیمان	0.025	2100	52.5
3	کف سازی (پوکه)	0.070	1300	91.0
4	تاسیسات			10.0

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

FJF-3				
ردیف	شرح	ضخامت(m)	وزن مخصوص(Kg/m3)	جمع(Kg/m2)
5	بلوک پوکه	8	10	80.0
6	شبکه نصب کناف			2.0
7	کناف گچ	0.025	1300	32.5
8	مجموع بار مرده			283

جدول(۴) بار مرده کف سازی سقف FJF-4

FJF-4				
ردیف	شرح	ضخامت(m)	وزن مخصوص(Kg/m3)	جمع(Kg/m2)
1	سرامیک	0.007	2100	14.7
2	ملات ماسه سیمان	0.025	2100	52.5
3	کف سازی (فوم بتن)	0.100	600	60.0
4	تاسیسات			10.0
5	بلوک پوکه	8	10	80.0
6	شبکه نصب کناف			2.0
7	کناف گچ	0.025	1300	32.5
8	مجموع بار مرده			252

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰
Interaction-str.ir

جدول(۵) بار مرده کف سازی سقف FJF-5

FJF-5				
ردیف	شرح	ضخامت(m)	وزن مخصوص(Kg/m3)	جمع(Kg/m2)
1	سربندی			50.0
2	بلوک پلی استایرن	0.1	14	1.4
3	شبکه نصب کناف			2.0
4	کناف گچ	0.025	1300	32.5
5	مجموع بار مرده			86

جدول(۶) بار مرده کف سازی سقف FJF-6

FJF-6				
ردیف	شرح	ضخامت(m)	وزن مخصوص(Kg/m3)	جمع(Kg/m2)
1	سربندی			50.0
2	بلوک پوکه	8	10	80.0
3	شبکه نصب کناف			2.0
4	کناف گچ	0.025	1300	32.5
5	مجموع بار مرده			165

در راهنمای نظام مهندسی تهران توصیه شده است که بار مرده کف سازی کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته نشود؛ در انتها بار مرده کف‌سازی، بتن تیرچه‌ها و دال رویه و تیغه بندی را به عنوان مجموع بار مرده در نظر گرفته می‌شود.

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

۲-۲-محاسبه بار زنده

بار زنده با توجه به جداول فصل ششم مقررات ملی ساختمان و نوع کاربری سقف در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-بار زلزله قائم

مقدار نیروی زلزله قائم طبق استاندارد ۲۸۰۰ طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$Ev = 0.6AIWP$$ **رابطه (۱)**

در این رابطه،

A: میزان خطر لرزه خیزی منطقه

B: ضریب بازتاب

I: ضریب اهمیت ساختمان

Wp: مقدار بار مرده و زنده

مطابق رابطه استاندارد ۲۸۰۰ در شرایطی که سازه در منطقه با خطر لرزه خیزی خیلی زیاد قرار دارد مقدار Wp برابر با بار مرده سازه بوده و باید به کل سازه اعمال شود. یعنی نیروی قائم زلزله وارد به کل سازه، در این حالت تنها ناشی از بار مرده سازه است. در سایر موارد هم مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ مقدار Wp برابر با مجموع بار مرده و زنده است.

۲-٤-ترکیب بارها

با توجه به ACI-318-19 و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ترکیب بارها طبق روش ضرائب بار و مقاومت به شرح زیر می‌باشد:

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

Load combination	Equation	Primary load
$U = 1.4D$	(5.3.1a)	D
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	(5.3.1b)	L
$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.5W)$	(5.3.1c)	L_r or S or R
$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	(5.3.1d)	W
$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$	(5.3.1e)	E
$U = 0.9D + 1.0W$	(5.3.1f)	W
$U = 0.9D + 1.0E$	(5.3.1g)	E

شکل(۳) ترکیب بارهای طراحی

با توجه به ترکیب بارها برای طراحی سقف تیرچه بلوک بار نهایی (Qu) ما ترکیب بار بحرانی بین سه ترکیب بار در رابطه (۲) می‌باشد.

$$Qu = Max\begin{cases} 1.4D \\ 1.2D + 1.6L \\ 1.2D + L + Ev \end{cases}$$

رابطه (۲)

در این مرحله با توجه به فاصله مرکز به مرکز تیرچه‌ها، سهم بارگیر هر تیرچه محاسبه و در Qu ضرب خواهدشد تا بار گسترده خطی روی هر تیرچه محاسبه شود.

۲-۵-بار متمرکز

با توجه به کاربری سقف ممکن است در ناحیه ای از سقف بار متمرکز وجود داشته باشد و برش پانچ ایجاد کند، لذا باید برای طراحی تیرچه و تعیین ضخامت دال رویه حتما به وجود این نوع بارها دقت کرد.

برای مثال در کاربری پارکینگ طبق مبحث ششم مقررات ملی و ACI-318-19، مقدار بار متمرکزی که باید در نظر گرفته شود، به ترتیب طبق شکل(۴) و شکل(۵) می‌باشد.

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
Interaction-str.ir ۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰

4.10 GARAGE LOADS

4.10.1 Passenger Vehicle Garages. Floors in garages or portions of a building used for the storage of motor vehicles shall be designed for the uniformly distributed live loads of Table 4.3-1 or the following concentrated load: (1) for garages restricted to passenger vehicles accommodating not more than nine passengers, 3,000 lb (13.35 kN) acting on an area of 4.5 in. by 4.5 in. (114 mm by 114 mm); and (2) for mechanical parking structures without slab or deck that are used for storing passenger vehicles only, 2,250 lb (10 kN) per wheel.

شکل(۴) بار متمرکز اعمالی برای سقف پارکینگ طبق استاندارد ACI318-19

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱۰	**بیمارستان‌ها و مراکز درمانی**		
۱-۱۰	اتاق بیمار	۲	۴/۵
۲-۱۰	اتاق عمل، آزمایشگاه‌ها	۳	۴/۵
۳-۱۰	راهرو طبقه همکف	۵	۴/۵
۴-۱۰	راهرو سایر طبقات	۴	۴/۵
۱۱	**محل‌های عبور و پارک خودروها**		
۱-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن حداکثر تا ۴۰ کیلونیوتن	۳ (۳) (۴) (۷)	۱۵ (۷)
۲-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن	۶ (۳) (۴) (۷) (۸)	۳۰ (۷)
۳-۱۱	معابر و بخش‌هایی از محوطه با امکان عبور کامیون	_(۸)	_(۸)

۷) کف پارکینگ‌ها و یا بخش‌هایی ازیک ساختمان که برای پارک وسیله نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد، براساس بار زنده گسترده یکنواخت ارائه شده در ردیف‌های ۱۱-۱ و ۱۱-۲ و بارهای متمرکز نظیر همان ردیف‌ها طراحی می‌شوند، اما لازم نیست این دو بار به طور همزمان اعمال شوند. سطح تأثیر بار متمرکز ۱۲۰×۱۲۰ میلیمتر فرض می‌شود.

شکل(۵) بار متمرکز اعمالی برای سقف پارکینگ طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

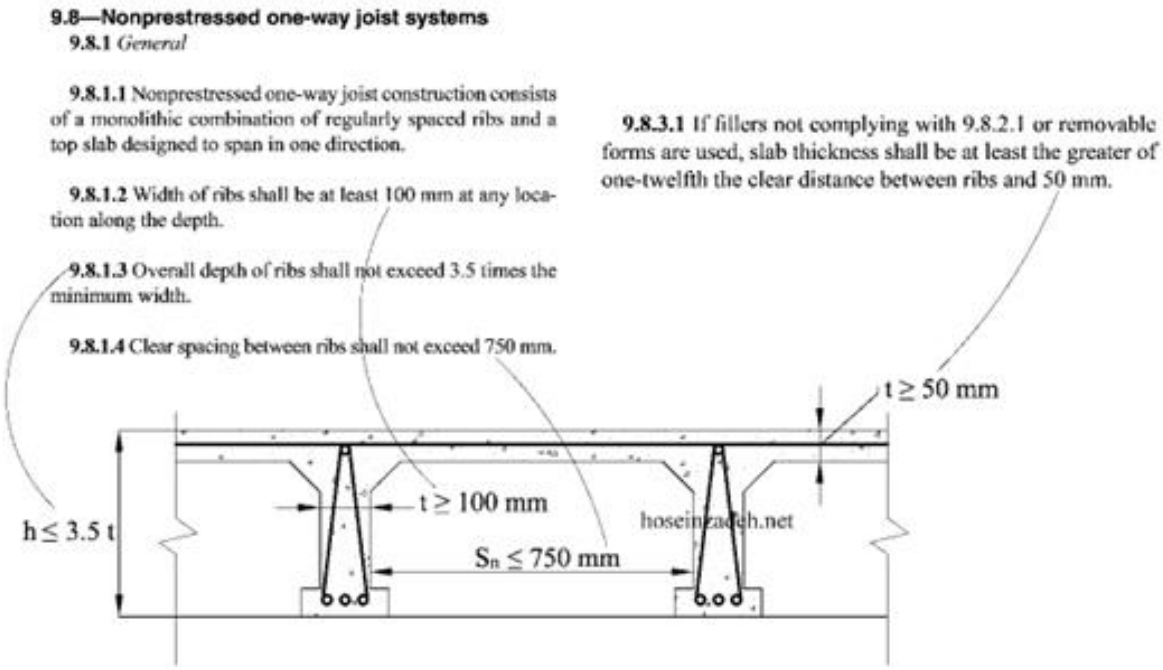
۲-۶-ابعاد استاندارد در طراحی سقف تیرچه بلوک: از ضخامت تا ارتفاع

در این بخش هر ابعادی که نیاز به کنترل دارد آورده شده است و ابعادهای رایج در هر قسمت تشریح شده‌اند.

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
Interaction-str.ir ۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰

۲-۷-حداقل ارتفاع تیرچه و بتن رویه

رایج‌ترین ارتفاع برای تیرچه‌ها h=300mm می‌باشد (ارتفاع تیرچه 25 و ارتفاع بتن رویه 5 میلی‌متر). بقیه ابعادی که باید به حداقل آن‌ها توجه شود باتوجه به استاندارد ACI-318-19 در شکل(۶) آورده شده است.



شکل(۶) کنترل هندسی تیرچه ها

برای برش پانچ ناشی از وجود بار متمرکز در کاربری پارکینگ باتوجه به بخش ۵-۲، این بار در تیرچه‌ها هم تاثیر قابل‌توجهی دارد، لذا در اکثر مراجع توضیه می‌شود در صورت وجود پارکینگ از تیرچه دوبل استفاده شود.

۲-۸-کنترل ضخامت دال روی تیرچه ها

دال رویه در کاربری‌هایی مثل مسکونی معمولا **۵۰ میلی‌متر** در نظر گرفته می‌شود، این دال باید برای برش پانچ ناشی از بار متمرکز توضیح داده شده در بخش ۵-۲- جوابگو باشد، لذا در کاربری‌هایی مثل **پارکینگ** طبق نشریه ۵۴۳، دال بتنی **۸۰ میلی‌متر** در نظر گرفته می‌شود.

در ایران، در طراحی سقف تیرچه بلوک، برای طراحی خمشی دال با توجه به ضخامت کم دال رویه میلگردها میلگرد خمشی محسوب نمی‌شوند و عملا کاربرد افت و حرارت دارند، و بتن غیر مسلح این ناحیه با همان ضخامت ۵ سانتی متر، به علت فاصله کم تیرچه‌ها در این سقف قادر به تحمل بار است.

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
Interaction-str.ir ۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰

۲-۹-کنترل ابعاد بتن پاشنه

با توجه به استاندارد ۱-۲۹۰۹ (۱۳۹۵)، ابعاد بتن پاشنه مطابق بندهای زیر توصیه شده است.

- عرض قسمت بالایی پاشنه تیرچه برای تیرچه هایی که با بلوک‌های سقفی سفالی یا بتنی به کار برده می شوند نباید از ۱۲ سانتی‌متر و برای تیرچه‌هایی که با سایر بلوک‌های سقفی استفاده می‌شوند نباید از ۱۴ سانتی‌متر کم‌تر باشد.
- عرض نشیمن‌گاه بلوک‌ها برای تیرچه‌هایی که با بلوک‌های سقفی سفالی یا بتنی به کار برده می‌شوند.
- نباید از ۱۵ میلی‌متر و برای تیرچه‌هایی که با سایر بلوک‌های سقفی استفاده می‌شوند نباید از ۳۰ میلی‌متر کم‌تر باشد.
- ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها نباید کم‌تر از مقادیر زیر باشد:

۱. قطر اسمی میلگردها

۲. بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه تا ۳۲ میلی‌متر یا ۵ میلی‌متر بیشتر از بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های بزرگتر از ۳۲ میلی‌متر

۳-میلگردگذاری سقف تیرچه بلوک

در این بخش تمامی میلگردهایی که در سقف تیرچه بلوک نیاز هستند و نحوه طراحی آن‌ها به صورت مجزا آورده شده است.

۳-۱-میلگرد افت و حرارت

از میلگرد آجدار، سیم آجدار، شبکه جوشی ساخته شده از سیم ساده، شبکه آجدار جوشی می‌توان به عنوان آرماتور افت و حرارت استفاده کرد.

میلگردهای افت و حرارت با توجه به حداقل درصد آرماتور ۰/۰۰۹ محاسبه می‌شوند، اما در محاسبه فواصل آن‌ها حداکثر فاصله به اندازه پنج برابر ضخامت دال رویه می‌باشد.

۳-۲-میلگرد زیرین (کششی اصلی یا تقویتی)

مطابق استاندارد ۱-۲۹۰۹ (۱۳۹۵)، حداقل میلگردهای زیرین دو عدد می‌باشد، و باید از نوع گرم نورد دیده و آجدار (۳۴۰،۴۰۰،۵۰۰) یا سردنورد دیده باشد.

قطر اسمی میلگرد حداقل ۸ و حداکثر ۱۶ میلی‌متر باشد،ولی در سقف هایی که ضخامت پاشنه ۵۵ میلی‌متر یا بیشتر باشد این قطر را میتوان تا ۲۰ میلی‌متر افزایش داد.

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

لنگر وارده به تیرچه ها ($Mu = \frac{Ql^2}{8}$) ، که Q (بارنهایی محاسبه شده در بخش بارگذاری) و L فاصله آکس به آکس تیرچه‌ها می‌باشد.

و لنگر مقاوم (Mn)،با توجه به روابط آیین نامه و مستطیلی با T شکل عمل کردن تیرچه‌ها محاسبه خواهدشد و مساحت میلگردهای کششی به دست می‌آید. در محاسبه مساحت باید به حداقل و حداکثر درصد آرماتور باتوجه به مقاومت فشاری بتن توجه شود.

۳-۳-میلگرد فوقانی(فشاری)

مطابق استاندارد ۱-۲۹۰۹ (۱۳۹۵)، میلگرد فوقانی میتواند از نوع گرم نورد دیده و آجدار ۳۴۰ و بالاتر یا سرد نورد دیده باشد. قطر اسمی میلگرد فوقانی با توجه به طول دهانه از این استاندارد در جدول(۷) آورده شده است. با توجه به این که این میلگرد باید آجدار باشد توصیه می‌شود دهانه‌های تا ۴ متر هم از میلگرد سایز حداقل ۸ میلی‌متر استفاده شود.

جدول(۷) قطر اسمی میلگردهای فوقانی تیرچه طبق دهانه

طول تیرچه (متر)	قطر اسمی میلگرد بالایی(میلی‌متر)	قطر اسمی میلگرد بالایی در صورت استفاده از جوش قوس الکتریکی با گاز محافظ CO_2 (میلی‌متر)
تا ۴	۶	۸
۴ تا ۵/۵	۸	۱۰
۵/۵ تا ۷	۱۰	۱۲
۷ تا ۸	۱۲	۱۴

۳-٤-میلگرد عرضی(زیگزاگ)

تعیین آرماتورهای برشی یا همان زیگزاگ‌ها بر اساس محاسبه نیروی برشی وارده و تجمیع ظرفیت برشی بتن و میلگرد زیگزاگ بر اساس آیین نامه انجام می‌شود. با توجه به امکان بازپخش بارها در تیرچه‌های مجاور استاندارد ACI-318-19 اجازه می‌دهد که مقاومت برشی بتن را در تیرچه ها ۱۰ درصد افزایش داده شود و در اکثر مواقع بتن به تنهایی مقاومت برشی را تامین می‌کند، اما میلگردهای زیگزاگ علاوه بر تامین مقاومت برشی، برای حفظ پایداری خرپا لازم هستند لذا در نشریه ۵۴۳ و استاندارد ۱-۲۹۰۹ (۱۳۹۵)، ضوابط زیر برای این میلگردها باید تامین شوند.

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

- حداقل سطح مقطع آرماتورهای عرضی برابر $0.355\frac{b_w.s}{f_y}$ می‌باشد که b_w عرض جان تیرچه، s فاصله دو میلگرد عرضی و f_y مقاومت مشخصه فولاد آرماتورهای عرضی بر حسب MPa می باشد.
- قطر میلگردهای عرضی از ۵ میلی متر تا ۱۰ میلی‌متر تغییر می‌کند حداقل قطر برای خرپای با میلگردهای عرضی منفرد ۶ میلی متر و برای خرپای با میلگردهای عرضی مضاعف ۵ میلی‌متر است در مورد خرپاهای کارخانه‌ای میلگردهای عرضی از نوع نیم‌سخت و به صورت مضاعف می‌باشند. چنانچه کارخانه‌ی تولیدی از تکنیک نقطه‌ی جوش اتوماتیک استفاده نماید می‌توان از دو میلگرد هر یک به قطر حداقل ۴ میلی متر استفاده نمود.
- حداقل زاویه میلگرد عرضی نسبت به خط افق ۳۰ درجه است و این زاویه معمولاً از ۴۵ درجه کمتر نیست.
- فاصله میلگردهای عرضی متوالی در تیرچه ها حداکثر ۲۰ سانتی متر است.
- استفاده از آرماتور با نورد سرد برای آرماتور عرضی بلامانع است.

۳-۵-میلگرد منفی

میلگرد منفی باید حداقل برابر ۰/۱۵ سطح مقطع میلگردهای کششی وسط دهانه، روی تکیه‌گاه اضافه شود؛ این میلگردها باید حداقل تا فاصله‌ی یک پنجم دهانه‌ی آزاد از تکیه‌گاه به طرف داخل دهانه ادامه می‌یابند.

۳-۶-کلاف میانی(ژوئن)

سطح مقطع میلگردهای کلاف میانی باید حداقل برابر نصف سطح مقطع میلگردهای کششی باشد. معمولاً عرض ژوئن‌ها حداقل به اندازه عرض پاشنه تیرچه و ارتفاع آن به اندازه ضخامت سقف است. فاصله ی بین کلاف ها معمولا بر حسب جدول(۸) می‌باشد:

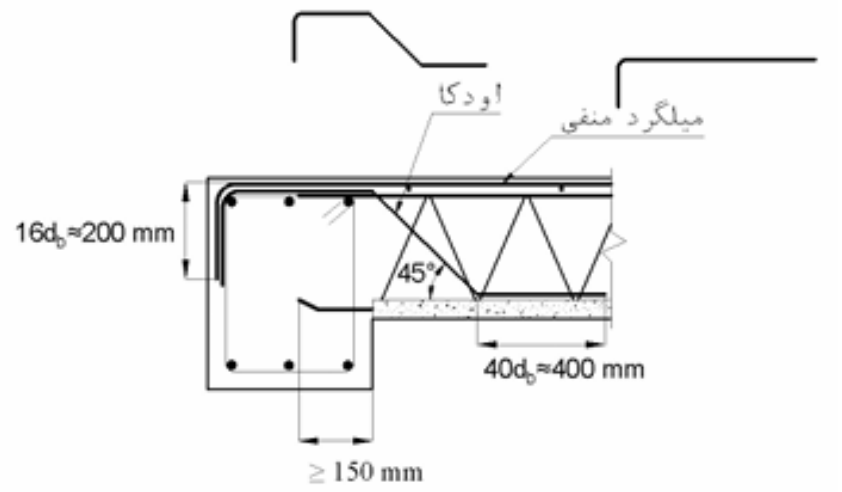
تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
Interaction-str.ir ۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰

جدول(۸) تعداد کلاف میانی طبق دهانه و بار زنده

طول دهانه(m)	بار زنده	تعداد کلاف
کمتر از ۴	کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع	۰
کمتر از ۴	بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع	۱
بین ۴ تا ۷	کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع	۱
بین ۴ تا ۷	بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع	۲
بیشتر از ۷	کمتر یا بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع	۳

۳-۷-میلگرد اودکا

در اجزای سقف تیرچه برای سهولت قراردادن تیرچه، حدود ۳۰ الی ۴۰ سانتی‌متر از میلگرد عرضی برش داده می‌شود، در این حالت با توجه به حداکثر برش در تکیه گاه توصیه بر این است که از میلگرد اودکا استفاده شود.



شکل(۷) جزییات جانمایی میلگرد اودکا در سقف تیرچه بلوک

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
Interaction-str.ir ۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰

۴-کنترل خیز و ارتعاش

کنترل خیز و ارتعاش سقف برای اطمینان از عملکرد مناسب و آسایش ساکنین بسیار حائز اهمیت است. این بخش به بررسی ضوابط و روش‌های مورد نیاز برای کنترل این دو پارامتر کلیدی در طراحی سقف می‌پردازد.

۴-۱-کنترل خیز

بر حسب مبحث نهم مقررات ملی ساختمان اگر رابطه زیر طبق طول دهانه و ارتفاع سقف برقرار باشد، نیاز به محاسبه دقیق خیز نخواهد بود.

$$L/16(0.4+\frac{F_y}{700}) \leq h$$

رابطه (۳)

معمولا تا دهانه های ۶ متری نیاز به کنترل خیز نخواهد بود.

اگر نیاز به کنترل باشد، دو روش وجود دارد:

- **کنترل دقیق خیز تیرچه‌ها توسط نرم‌افزار Safe**
- **افزایش عمق تیرچه‌ها (ضخامت سقف)**

٤-۲-کنترل ارتعاش

ارتعاش سقف طبق رابطه (۴) بدست می‌آید:

$$f = 18/\sqrt{\delta_{D+0.3L}}$$

رابطه (۴)

و با میزان فرکانس مجاز سقف بر حسب کاربری آن طبق جدول(۹) مقایسه می‌شود:

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

جدول(۹) حداقل فرکانس دوره ای مجاز سقف

نوع کاربری	حداقل فرکانس دوره‌ای سقف‌ها(f)
ساختمان‌های مسکونی و اداری	$f \geq 5Hz$
ساختمان‌های تجاری-فروشگاه‌ها	$f \geq 4\ Hz$
سالن‌های اجتماعات با صندلی‌های ثابت	$f \geq 4\ Hz$
سالن‌های اجتماعات بدون صندلی‌های ثابت	$f \geq 8.5\ Hz$
تعمیرگاه‌ها، سالن‌های ژیمناستیک و ورزشی	$f \geq 9Hz$
پارکینگ‌ها	$f \geq 4\ Hz$

۵-سوالات متداول

- **سقف تیرچه بلوک برای چه دهانه‌هایی مناسب است؟**

سقف تیرچه بلوک معمولاً برای دهانه‌های تا ۷ متر کاربرد دارد.

- **در سقف تیرچه بلوک، چه عواملی در محاسبه بار مرده تاثیرگذارند؟**

برای محاسبه بار مرده سقف، عواملی مانند جنس بلوک (بتنی، سفالی یا پلی‌استایرن)، جنس پرکننده و کاربری سقف پارامترهای اصلی هستند. همچنین، توصیه می‌شود بار مرده کف‌سازی کمتر از **۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع** در نظر گرفته نشود.

- **چرا میلگرد اودکا در سقف تیرچه بلوک استفاده می‌شود؟**

برای سهولت در نصب و قرارگیری تیرچه، حدود ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از میلگرد عرضی (زیگزاگ) در انتهای آن بریده می‌شود. از آنجایی که حداکثر برش در تکیه‌گاه‌ها رخ می‌دهد، برای جبران این کاهش مقاومت برشی و حفظ پایداری، استفاده از میلگرد اودکا توصیه می‌شود.

- **حداقل ضخامت دال رویه چقدر است؟**

در کاربری‌های مسکونی، دال رویه معمولاً ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. با توجه به ضخامت کم این دال و فاصله نزدیک تیرچه‌ها، بتن غیرمسلح این ناحیه قادر به تحمل بار است.

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir

۶-مثال عددی طراحی سقف تیرچه بلوک

داده های مثال:

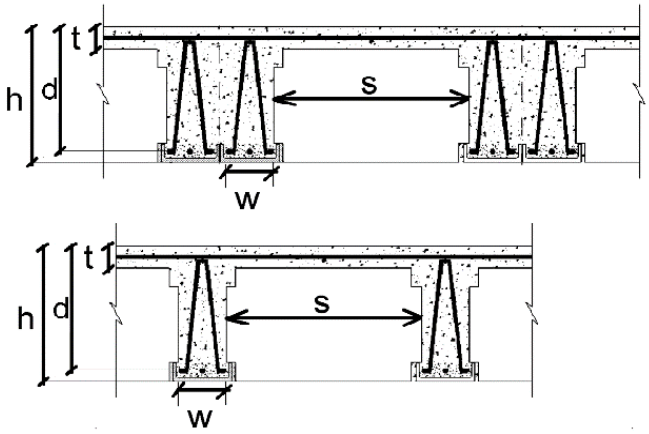
- **مثال طراحی سقف تیرچه بلوک**
- **کاربری: مسکونی**
- **بتن: C20**
- **دهانه : ۶ متر**
- **مرکز تا مرکز تیرچه ها: ۶۰ سانتی‌متر**
- **فاصله خالص تیرچه ها: ۴۰ سانتی‌متر**
- **جنس بلوک: پلی استایرن**
- **جنس کف سازی: پوکه**
- **شهر: تهران**
- **میلگردهای طولی :S400**
- **میلگردهای عرضی :S340**

محاسبات:

مطابق با اکسل دکتر حسین زاده اصل

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰
Interaction-str.ir

f'c=	20	MPa
fy (میلگرد طولی تیرچه) =	400	MPa
fyt (میلگرد عرضی تیرچه) =	300	MPa
L (طول آزاد تیرچه) =	6	m
h (ارتفاع کل تیرچه) =	300	mm
d (ارتفاع موثر تیرچه) =	270	mm
d'	30	mm
t (ضحامت دال بتنی مطابق شکل) =	50	mm
S (فاصله خالص تیرچه ها مطابق شکل)=	400	mm
W (عرض تک تیرچه مطابق شکل)=	100	mm
Single or double? (D: دوبل تیرچه S: تک تیرچه)	S	
Live (بار زنده) =	2	kPa
Partition (مرده تیغه بندی)=	1	kPa
Supper Dead (مرده کف سازی)=	2	kPa
Point load (بار زنده متمرکز احتمالی جهت کنترل پانچ بتن رویه)=	1.3	kN
Size of Point load (ابعاد بار زنده متمرکز احتمالی جهت کنترل پانچ بتن رویه)=	120	mm
Dead (مرده بتن سقف)=	2.45250	kPa
جهت محاسبه اثر زلزله قائم (I*A)*۰.۶	0.21	
qu=	9.7430	kPa
چه کسری از بار SD و P قبل از اتصال قطعات غیر سازه ای وارد می شود؟	0.2	
چه کسری از بار Live دائمی محسوب می شود؟	0.25	



تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
Interaction-str.ir
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰

آرماتور کششی پایین	هر تک تیرچه	
Diameter	ϕ14	ϕ14
Number ***(one joist)***	2	0

آرماتور زیگزاگ (برشی) هر تک تیرچه		
Diameter	ϕ8	mm
Spacing	200	mm

آرماتور فوقانی لازم برای هر تیرچه	1 ϕ10
سایز آرماتور افت و حرارت (در کنترل خیز تاثیرگذار است)	ϕ8
جمع مساحت آرماتور فشاری قرار داده شده در تیرچه ها(همراه با حرارتی)	163.368
آرماتور طولی کلاف میانی	2 ϕ10
آرماتور منفی انتهای تیرچه	1 ϕ10

کنترل مقاومت خمشی تیرچه و طراحی میلگردهای کششی تحتانی		
$As =$	307.876	mm2
$qu =$	4.872	kN/m
$Mu =$	21.922	kN. m
$phi * Mn =$	29.123	kN. m
Ratio (M)	0.7527389	*OK*

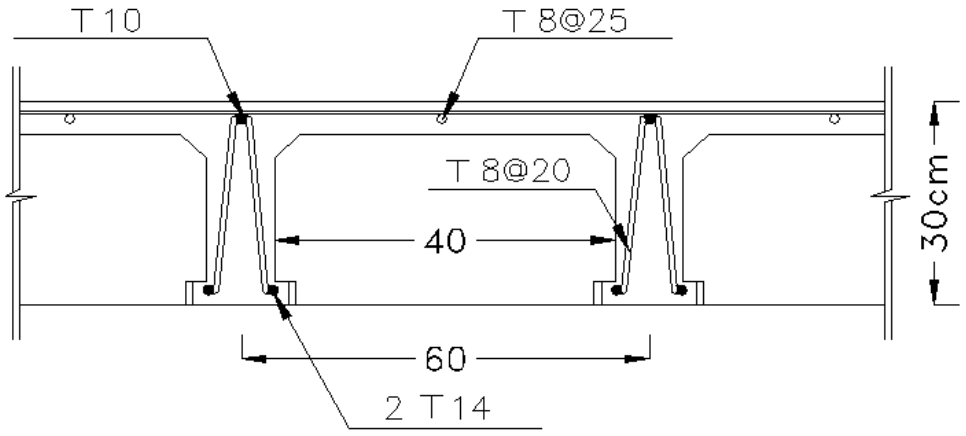
تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
Interaction-str.ir ۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰

تیرچه برشی مقاومت کنترل		
Av/s	0.187	OK
$Vu =$	13.299	kN
$phi * Vc =$	16.935	kN
$phi * Vs =$	11.343	kN
$phi * Vn =$	28.278	kN
$\boldsymbol{Ratio\ (V)}$	0.470298	OK

کنترل ضخامت بتن رویه برای خمش یک طرفه (با فرض غیرمسلح بودن بتن)		
$qu =$	9.743	$mm2$
$Mu =$	0.195	$kN.m$
$phi * Mn =$	0.470	$kN.m$
$\boldsymbol{Ratio\ (M)}$	$\mathbf{0.4149716}$	OK

کنترل برش پانچ بتن رویه تحت بار متمرکز		
Pu	2.080	kN
$phi * Vn =$	20.071	kN
$\boldsymbol{Ratio\ (M)}$	0.1036324	OK

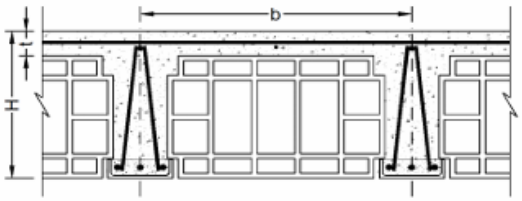
تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰
Interaction-str.ir



در جدول صفحه آینده، به طور حدودی میزان میلگرد این مثال از نشریه ۵۴۳ استخراج شده است، که بیشتر از میزان طراحی شده است!

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰
Interaction-str.ir

مشاوران سازه اندرکنش
طراح تخصصی سازه های بتنی دهانه بلند
INTER ACTION



توضیحات :

۱- در صورت لزوم می توان از ترکیب میلگردهای مختلف با سطح مقطع معادل جدول استفاده نمود.
۲-در سقف با تیرچه مضاعف، سطح مقطع میلگرد بدست آمده در جدول، در دو تیرچه توزیع می گردد.
۳- کنترل های مربوط به برش، خیز، آرماتور حداقل و حداکثر تیرچه در جدول انجام شده است.

b (cm)	H (cm)	t (cm)
60.0	25.0	5.0
فاصله محور تا محور	ضخامت سقف	ضخامت دال

f_y (kg/cm^2)	f_c (kg/cm^2)
3000	200
مقاومت مشخصه فولاد	مقاومت مشخصه فشاری بتن

جدول شماره	سطح مقطع میلگرد	لنگر مقاوم	طول دهانه مؤثر بر حسب متر طول = L_e														
10	As	M	بار زنده × ۱/۵ + (کف سازی + تیغه بندی + وزن تیرچه بلوک) بار مرده × ۱/۲۵ = وزن کل سقف (kg/m^2)														
میلگردها	cm^2	kg.m	700	800	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200
6+6	0.57	221	2.05	1.92	1.81	1.76	1.72	1.67	1.64	1.60	1.57	1.50	1.45	1.36	1.28	1.21	1.16
6+6+6	0.85	331	2.51	2.35	2.21	2.15	2.10	2.05	2.00	1.96	1.92	1.84	1.77	1.66	1.56	1.48	1.42
8+8	1.01	390	2.72	2.55	2.40	2.34	2.28	2.22	2.17	2.13	2.08	2.00	1.93	1.80	1.70	1.61	1.54
8+8+6	1.29	661	3.55	3.32	3.13	3.05	2.97	2.90	2.83	2.77	2.71	2.60	2.51	2.35	2.21	2.10	2.00
8+8+8	1.51	772	3.84	3.59	3.38	3.29	3.21	3.13	3.06	2.99	2.93	2.81	2.71	2.54	2.39	2.27	2.16
10+10	1.57	801	3.90	3.65	3.44	3.35	3.27	3.19	3.11	3.05	2.98	2.87	2.76	2.58	2.44	2.31	2.20
10+10+6	1.85	942	4.24	3.96	3.74	3.64	3.54	3.46	3.38	3.31	3.24	3.11	3.00	2.80	2.64	2.51	2.39
10+10+8	2.07	1052	4.48	4.19	3.95	3.84	3.75	3.66	3.57	3.49	3.42	3.29	3.17	2.96	2.79	2.65	2.53V
12+12	2.26	1141	4.66	4.36	4.11	4.00	3.90	3.81	3.72	3.64	3.56	3.42	3.30	3.08	2.91V	2.76V	2.63V
12+12+8	2.76	1388	5.14	4.81	4.54	4.41	4.30	4.20	4.10	4.01	3.93	3.77	3.64V	3.40V	3.21V	3.04V	2.90V
12+12+10	3.05	1527	5.39	5.04	4.76	4.63	4.51	4.40	4.30	4.21	4.12	3.96V	3.81V	3.57V	3.36V	3.19V	3.04V
14+14	3.08	1535	5.41	5.06	4.77	4.64	4.52	4.41	4.31	4.22	4.13V	3.97V	3.82V	3.58V	3.37V	3.20V	3.05V
14+14+8	3.58	1778	5.82	5.44	5.13	5.00	4.87V	4.75V	4.64V	4.54V	4.44V	4.27V	4.11V	3.85V	3.63V	3.44V	3.28V
14+14+10	3.86	1913	A6.04	5.65	5.32V	5.18V	5.05V	4.93V	4.82V	4.71V	4.61V	4.43V	4.27V	3.99V	3.76V	3.57V	3.41V
16+16	4.02	1979	A6.14	5.74	5.41V	5.27V	5.14V	5.01V	4.90V	4.79V	4.69V	4.51V	4.34V	4.06V	3.83V	3.63V	3.46V
16+16+10	4.81	2350	A6.69V	A6.26V	A5.90V	5.74V	5.60V	5.46V	5.34V	5.22V	5.11V	4.91V	4.73V	4.42V	4.17V	3.96V	3.77V
16+16+12	5.15	2511	A6.92V	A6.47V	A6.10V	A5.94V	5.79V	5.65V	5.52V	5.40V	5.28V	5.07V	4.89V	4.57V	4.31V	4.09V	3.90V
16+16+14	5.56	2700	B7.17V	A6.71V	A6.32V	A6.16V	A6.00V	5.86V	5.72V	5.60V	5.48V	5.26V	5.07V	4.74V	4.47V	4.24V	4.05V
16+16+16	6.03	2917	B7.45V	A6.97V	A6.57V	A6.40V	A6.24V	A6.09V	A5.95V	5.82V	5.69V	5.47V	5.27V	4.93V	4.65V	4.41V	4.20V

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان،
آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰
Interaction-str.ir

۷-مراجع

[۱] نشریه ۵۴۳؛ دستورالعمل طراحی و اجرای سقف های تیرچه و بلوک

[۲] استاندارد ملی شماره ۱-۲۹۰۹ ؛ خرپای تیرچه و تیرچه خرپایی

[۳] مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۹

[۴] مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۹

[۵] جزوه ایتبس دکتر حسین زاده اصل-۱۴۰۰

تهران، سعادت آباد، سرو غربی، خیابان آسمان، آسمان چهارم غربی، پلاک ۲، واحد ۲
۰۲۱-۲۲۰۹۲۷۰۰ Interaction-str.ir