مصالح ساختمانی

مسعود بدری بنام

1

خلاصه

مواد و مصالح مختلفی در مهندسی عمران و معماری مورد استفاده قرار می گیرد که هر مهندسی فعال در این زمینه باید اطلاعات کافی در زمینه نحوه تهیه، مصرف آنها را داشته باشد. در این پاورپوینت مطالبی در زمینه خواص و نحوه مصرف انواع مصالح ساختمانی همچون گچ، آهک، سیمان، کاشی، آجر ، بتن ها،لایه های FRP و نهایتاً مروری بر مقاطع فولادی استاندارد ارائه شده است.

3

تاریخچه و مقدمه ای بر استفاده از گچ

- از قدیم الایام از گچ در ابنیه های مختلف استفاده می گردید.
- قدمت استفاده بشر از گچ به ۵۰۰۰ سال پیش باز می گردد.
- گچ از جمله مصالحی است که از ابتدا تا انتهای صنعت ساخت ساختمان مصرف می گردد.

4

منابع تهیه گچ

- گچ از پختن و آسیاب کردن سنگ گچ بدست می آید.
- سنگ گچ پنجمین منبع از فراوان ترین منابع طبیعی است.
- معادن سنگ گچ تقریباً در تمام ایران وجود دارد.

5

فرمول شیمیایی سنگ گچ

فرمول شیمیایی سنگ گچ به صورت زیر بوده و با توجه به میل ترکیبی زیادی که با آب دارد در طبیعت به صورت خالص یافت نمی شود.

$$CaSO_4,2H_2O$$

سولفات کلسیم آبدار (ژیپس)

$$CaSO_4$$

سولفات کلسیم بدون آب (ایندریت)

6

خواص گچ

- زودگیر بودن
- ازدیاد حجم به هنگام سخت شدن
- اکوستیک بودن گچ
- مقاومت در برابر حریق
- قیمت ارزان
- رنگ سفید خوش آیند

7

آماده سازی سنگ گچ برای خوراک کوره

- استخراج از معدن با کمک روشهای گوناگون.

- خرد کردن سنگ که در دو مرحله انجام می گیرد:

اول: با کمک سنگ شکن به کلوخه های ۴۰ سانتیمتری تبدیل می گردد.

دوم: با کمک سنگ شکن های فکی به ابعاد چند میلی متری تبدیل می شود.

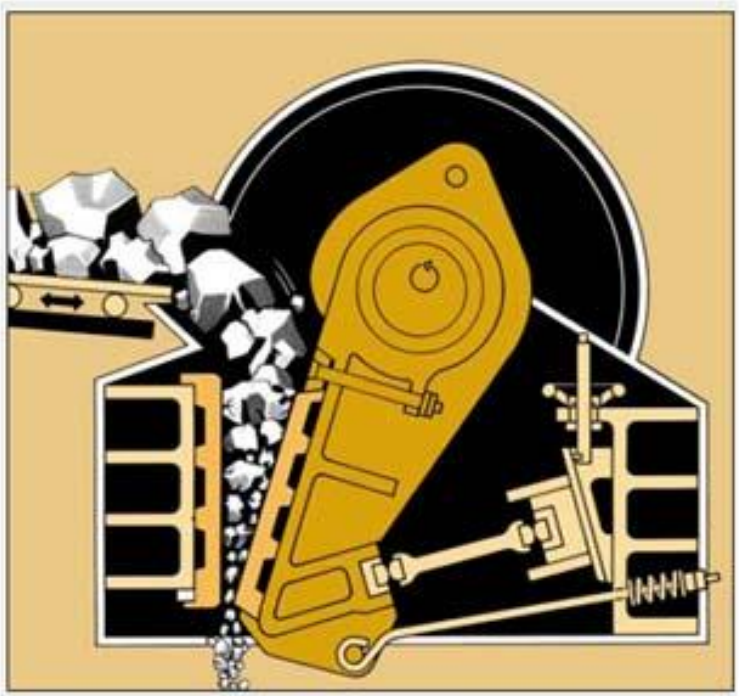
- الک کردن و بازگرداندن قطعات درشت به بخش سنگ شکن.

- ذخیره سازی در سیلوها (به اندازه خوراک حداقل یک هفته).

8

نمایی از تاسیسات سنگ شکن

قیف ورودی سنگ شکن در کارخانجات گچ پزی



نمایی از دستگاه سنگ شکن فکی

نمایی از دستگاه سنگ شکن چکشی

9

گچ پزی

گچ پزی یعنی حرارت دادن به سنگ گچ برای تبخیر یک و نیم ملکول از آب تبلور آن

$$CaSO_4,2H_2O \xrightarrow{\text{با کمک حرارت}} CaSO_4,0.5H_2O$$

10

تولید گچ ساختمانی از سنگ گچ

اگر به سنگ گچ ۱۷۰ درجه سانتیگراد حرارت دهیم یک و نیم ملکول از آب خود را از دست داده و به گچ ساختمانی تبدیل می شود.

11

تولید گچ تشنه

اگر به سنگ گچ حرارت ۳۰۰ در جه سانتیگراد داده شود سنگ گچ یک و هفت دهم ملکول از آب خود را از دست داده و به گچ تشنه تبدیل می شود.

این گچ میل ترکیبی زیادی با آب داشته و با جذب رطوبت مجدداً به گچ ساختمانی تبدیل می گردد.

$$CaSO_4,0.3H_2O$$

12

وجود اکسید کلسیم در گچ

- اگر اکسید کلسیم یا همان آهک زنده در گچ باقی بماند در زمان گیرایی گچ تغییر ایجاد می کند.

- در اثر مجاورت با آب شکفته شده (هیدرات کلسیم) و ازدیاد حجم می یابد و باعث تغییر شکل گچ و ایجاد ناصافی در آن خواهد شد.

13

سخت شدن گچ

پودر گچ دارای نیم ملکول آب می باشد و درصورتی که در مجاورت آب قرار گیرد یک و نیم ملکول آب را جذب کرده و مجدداً به سنگ کچ تبدیل می گردد.

البته سختی آن به اندازه سنگ گچ اولیه نیست ولی به خوبی می تواند در برابر نیروهای وارده مقاومت کند.

14

مقاومت گچ در برابر آب

گچ در برابر رطوبت مقاومتی ندارد و از گچ در مکانهایی که با آب در تماس است نباید استفاده کرد.

15

مقاوم نمودن گچ در برابر آب

گچ بدون آب (سولفات کلسیم) را کاملاً پودر کرده و آنرا با زاج خمیر می نمایید. سپس آن را تا ۵۰۰ درجه حرارت می دهیم. پس از آسیاب مجدد گچ مقاوم به آب تولید می گردد.

فرمول شیمیایی زاج سفید(سولفات پتاسیوم و آلومینیوم)

$$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$$

16

تولید ملات گچ

از لحاظ تئوری هر کیلوگرم گچ با دو دهم لیتر آب یعنی تقریباً ۲۰ درصد وزنی آن مخلوط می شود.

به دلیل سهولت در کار با ملات در عمل از ۷۰ الی ۸۰ درصد آب برای تولید ملات استفاده می شود.

17

زمان سفت شدن ملات گچ

گچ مرغوب ساختمانی آن است که مابین ۸ الی ۲۵ دقیقه شروع به سفت شدن نماید و پایان سفت شدن آن نیز باید مابین ۲۰ الی ۶۰ دقیقه باشد.

18

تغییر خواص گچ با افزودن موادی به آن

- افزایش نیم درصد وزنی نمک طعام به گچ منجر به کاهش زمان گیرش گچ به ۵ دقیقه می شود.
- افزایش ۴ درصد وزنی نمک طعام به گچ زمان گیرایش آن را به سه و نیم دقیقه کاهش می دهد.
- افزایش بیش از ۴ درصد وزنی نمک طعام به گچ منجر به تاثیر عکس خواهد شد بطوری که افـزایش ۱۰ درصدی نمک به آن منجر به افزایش زمان گرفتن گچ به حدود دوازده و نیم دقیقه می گردد.
- افزودن زاج سفید گچ را کند گیر تر می نماید.
- افزودن سریش نیز گچ را دیر گیر تر می نماید.

19

زمان مصرف گچ از لحاظ دما

واکنش مخلوط شدن آب و گچ گرماده می باشد و در این هنگام دمای مخلوط آب و گچ ۱۵ تا ۲۰ درجه گرم تر از محیط اطراف خواهد بود.

به همین دلیل می توان از این ملات در دمای زیر صفر نیز استفاده نمود

20

تفاوت خشک شدن گچ و سخت شدن آن

سخت شدن گچ زمانی شروع می شود که در اثر تماس مجدد آب بـا آن بـه مـلات تبدیل نشود.

خشک شدن گچ به از دست دادن آب اضافی آن گفته می شود. که با توجه به آب و هوا از چند ساعت تا چند روز ادامه می یابد.

21

اندازه دانه های گچ

نود و نه و نیم درصد ذرات گچ باید ریزتر از ۰.۲میلیمتر باشد.

علل ترک خوردن گچ کاری

- اگر گچ کافی برای تولید ملات اولیه به کار نرود انبساط کافی نیز رخ نخواهد داد.
- اگر کلفتی لایه گچ به کار گرفته شده بیش از ۷ الی ۸ سانتیمتر باشد به دلیل زودتر خشک شده سطح ترک ایجاد می گردد.
- اگر در دمای زیر صفر اقدام به گچ کاری نماییم و آب ملات یخ بزند واکنش های سخت شدن انجام نشده و ترک خوردگی ایجاد می شود.
- بعضی ترکها ناشی از نشست ساختمان هستند.

دلیل استفاده از مخلوط گچ و خاک رس

- قیمت خاک رس ارزان تر از گچ است.
- ملات خاک و گچ دیر گیر تر بوده و کار با آن آسان تر است.
- ملات گچ و خاک خاصیت الاستیسیته بیشتری دارند.

واکنش متقابل گچ و فلزات

تماس کچ با آهن، روی، سرب و غیرره می تواند منجر به تولید سولفات فلزات مذکور گردد.

جهت جلوگیری از این امر که منجر به تضعیف فلز می گردد از پوشش ضد رنگ استفاده می شود.

25

مقاوم نمودن اندود گچ معمولی در برابر آب

یک لایه رنگ روغنی می تواند منجر به محافظت نسبی اندود گچ در برابر بخار آب در محیط مرطوب گردد.

مقاومت فشاری و کششی گچ

معمولاً مصرف گچ در ساختمانها برای مقاصد باربری نبوده و فقط برای مقاصد خاص و بدون فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرند.

مقاومت فشاری گچ ۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و مقاومت کششی آن ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد.

این مقاومت فقط برای نازک کاری مناسب است.

27

انبار کردن گچ

- اگر گچ به صورت فله ای وارد کارگاه گردد باید بلافاصله مصرف شود. چون همان طور که گفته شد گچ میل ترکیبی شدیدی با آب داشته و حتی رطوبت هوا هم با آن ترکیب می گردد.

- اگر گچ به صورت پاکتی و در بسته بندی های استاندارد وارد کارگاه گردد می توان از آن برای مدت یک سال نگهداری کرد.

28

آهک

29

به کار گیری آهک

آهک به دلیل میل ترکیبی زیاد و ایجاد پوسیدگی در فلزات امروزه مصرف محدود تری نسبت به گذشته دارد.

با این حال هنوز برای افزایش مقاومت فشاری و کششی زیر سازی جاده ها و جلوگیری از رویش گیاهان استفاده می گردد.

30

سنگ آهک

- سنگ آهک در طبیعت به وفور یافت می شود.
- سنگ آهک اگر خالص باشد سفید رنگ است.
- سنگ آهک ناخالص با توجه به نوع ناخالصی به رنگهای مختلف دیده می شود.

فرمول شیمیایی سنگ آهک خالص به صورت زیر است:

$$CaCO_3$$

31

سنگ آهک پرمایه و کم مایه

اگر معدنی از سنگ آهک دارای ۹۰ درصد از سنگ مذکور باشد به آن معدن پرمایه می گویند.

اگر معدنی کمتر از ۷۵ درصد سنگ آهک داشته باشد به آن معدن کم مایه گفته می شود.

32

آهک پزی

آهک پزی یعنی خارج نمودن دی اکسیدکربن از آن با کمک حرارت دادن سنگ معدن پرمایه آهک تا دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد و کم مایه آهک تا ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد.

$$CaCO_3 + \text{حرارت} \longrightarrow CaO + CO_2$$

33

نحوه مصرف آهک

به منظور مصرف آهک باید آن را برای هیدراته شدن به خوبی با آب مخلوط نمود تا واکنش حرارت زای زیر ایجاد گردد:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 +$$ حرارت

در زمان هیدراته شدن آهک ممکن است حجم آن به سه و نیم برابر قبل هم برسد و دمای آن نیز به شدت افزایش می یابد.

34

آهک آبی

اگر آهک به همراه خاک رس یا سیلیس در کوره حرارت داده شود تبدیل به آهک آبی می گردد که در زیر آب نیز قابل کاربرد و سفت شدن است.

از این آهک برای سازه های زیر آبی استفاده می شود.

35

شفته آهکی

مخلوط ۲۰۰ الی ۲۵۰ کیلوگرم آهک شکفته در یک متر مکعب از مخلوط شن، ماسه و خاک را شفته آهکی گویند.

این مخلوط پس از یک ماه از مصرف خود در ساختمان قابل بار گذاری می باشد.

خواص شفته آهک

- ملاتی بسیار ارزان قیمت است.
- تهیه آهک به راحتی در هرجا امکان پذیر است.
- شفته آهک به راحتی پس از گذشت چند روز قابل بارگذاری است.
- شفته آهک نسبت به بتن دیرگیرتر است.
- آب در آن کم نفوذ کرده و از خطر یخبندان قبل از سفت شدن بدور است.
- هیچ نوع گیاهی در آن نمی روید.
- پس از چند سال به شدت سخت می گردد.
- آهک با فلزات واکنش داده منجر به پوسیدگی آنها می گردد.
- آهک لایه های قیر گونی را می پوساند.
- اگر رطوبت اولیه زیاد باشد ملات شفته هیچ گاه سخت نمی گردد.

ساروج

ساروج ملاتی قدیمی است و مخلوطی از آهک، خاک رس و خاکستر می باشد.

از ساروج قبل از تولید سیمان در ایران استفاده می شد.

38

کاشی

39

اجزاء کاشی

یک قطعه کاشی از دو بخش تشکیل شده است:

- قطعه اصلی که استخوان بندی کاشی را تشکیل می دهد.
- لعاب روی آن که ماده ای شیشه ای است.

جنس دو بخش فوق باید طوری باشد که ضریب انبساط آنها مساوی باشند. تا از ترک خوردن کاشی جلوگیری گردد.

40

مصالح اولیه در تولید کاشی

ماده اصلی تولید کاشی خاک رسی است که ۲۰ الی ۲۵ درصد سیلیس داشته باشد.

مراحل تهیه مصالح اولیه تولید کاشی:

- انتخاب خاک رس مناسب
- جدا نمودن ناخالصی های خاک (به کمک شستشوی خاک)
- خشک کردن خاک به کمک هوا دادن
- آسیاب کردن خاک
- پخت کاشی

لعاب دادن روی کاشی

پس از پخت اول با کمک پیستوله روی کاشی ها را لعاب پاشی می نمایند. سپس دوباره کاشی ها را به کوره منتقل کرده و دوباره می پزند.

زمان پخت کاشی در هر مرحله حدود ۳ روز بطول خواهد انجامید.

پس از خروج کاشی ها از کوره (پخت دوم) با کمک دستگاه و یا چشم کاشی ها درجه بندی می شوند.

آجر

تعریف آجر

آجر سنگی است مصنوعی که از پختن خاک رس با استخوان بندی اصلی سنگ بدست می آید.

تهیه خاک رس مورد نیاز در عملیات تولید آجر

- خاک رس مورد استفاده در آجر پزی را می توان بدون خالص سازی هم به کار گرفت و فقط مواد آلی را باید حذف نمود.

- عدم حذف مواد آلی می تواند به باقی ماندن موادی همچون ریشه گیاهان در آن منجر گردد.

- ترکیبات آلی همچون ریشه گیاه سوخته و بصورت بخار آب و گاز از آجر خارج شده باعث ایجاد فضای خالی و کاهش تحمل فشار توسط آجر می گردد.

آجر پزی

آجر پزی یعنی تبخیر آب تبلور از خاک رس و تبدیل هیدروسیلیکات آلومینیوم به سیلیکات آلومینیوم.

در این شرایط آجر می تواند نیروی ۱۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را تحمل نماید.

برای انجام فرایند آجر پزی دمای ۹۰۰ درجه سانتیگراد لازم است.

انواع آجر

- **آجر های فشاری:** با دست تولید می گردند.

- **آجرهای ماشینی:** با دستگاه تولید شده و معمولاً ۸ تا ۱۰ سوراخ دارند.

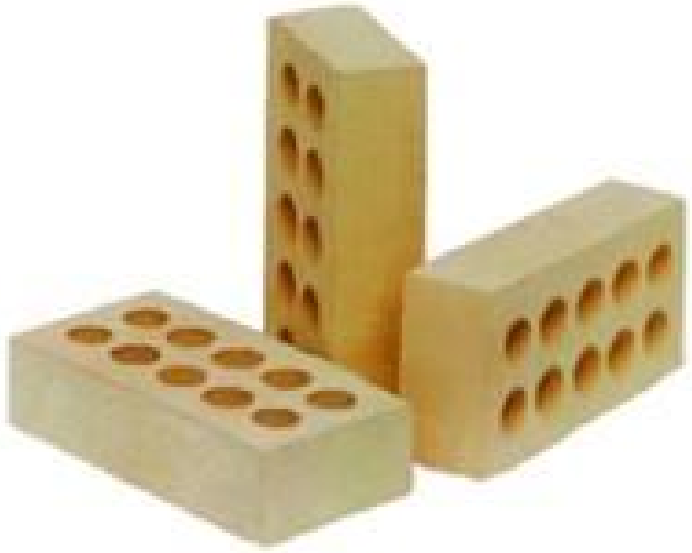
آجر ماشینی خاصیت مکندگی آب کمی داشته و بهتر است در طاق ضربی استفاده نشود چون به ملات گچ خوب نمی چسبد.

آجر ماشینی به دلیل سوراخ دار بودن در دیوارهای عمودی مستحکم تر خواهند بود چون ملات در آن فرو می رود.

استاندارد آجر ماشینی

به موجب استاندارد ایران آجر ماشینی به آجری گفته می شود که در سطح بزرگتر آن سوراخهایی وجود داشته باشد و این سوراخها باید تمامی ضخامت آجر را طی نمایند.

همچنین مجموع سطح مقطع سوراخ آجرها نباید از ۲۵ درصد سطح بزرگ آجر بیشتر باشد.



اجزاء آجر

- آجر سه قد (سه چهارم آجر کامل)
- آجر نیمه (یک دوم آجر کامل)
- چارک (یک چهارم آجر کامل)
- کلوک (کوچک تر از یک چهارم آجر کامل)
- و...

آجر ماسه آهکی

- ۹۵ درصد آجر ماسه آهکی را ماسه ای از جنس SiO_2 تشکیل می دهد. این ماسه باید فاقد مواد آلی بوده و مقدار اکسید منیزیم و خاک رس آن کم بوده و مجموع این دو ترکیب نباید از ۳ درصد بیشتر باشد.
- آهک مورد استفاده در این نوع آجرِ باید خالص بوده و حداقل ۹۰ درصد آن را CaO تشکیل دهد و این آهک باید قبل از قالب گیری کاملاً هیدراته شده باشد.

پخت آجرهای ماسه آهکی

- مواد اولیه باید قبل از پخت به خوبی مخلوط شده و تمام آهک آن به خوبی هیدراته گردد تا در اثر افزایش حجم آهک آجر منهدم نگردد.

- برای هیدراته نمودن کامل آهک می توان از بخار تحت فشار استفاده نمود.

- حرارت و فشار در پخت آهک بسیار مهم هستند. هرچقدر فشار بیشتر باشد زمان پخت کوتاه تر خواهد بود. اقتصادی ترین فشار پخت ۱۵ اتمسفر می باشد که در این شرایط زمان پخت حدود ۵ ساعت خواهد بود.

بلوک سفالی

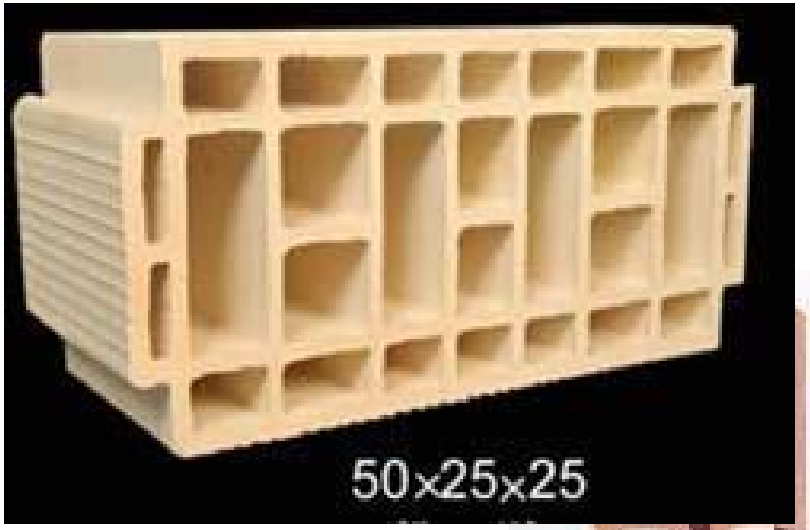
- در بازار ایران به آجرهای سفالی که به دلیل وجود سوراخهای زیاد در آن حجم بالا و وزن کم دارند بلوک سفالی می گویند.

- بلوکهای سفالی به دوسته تقسیم می شوند:

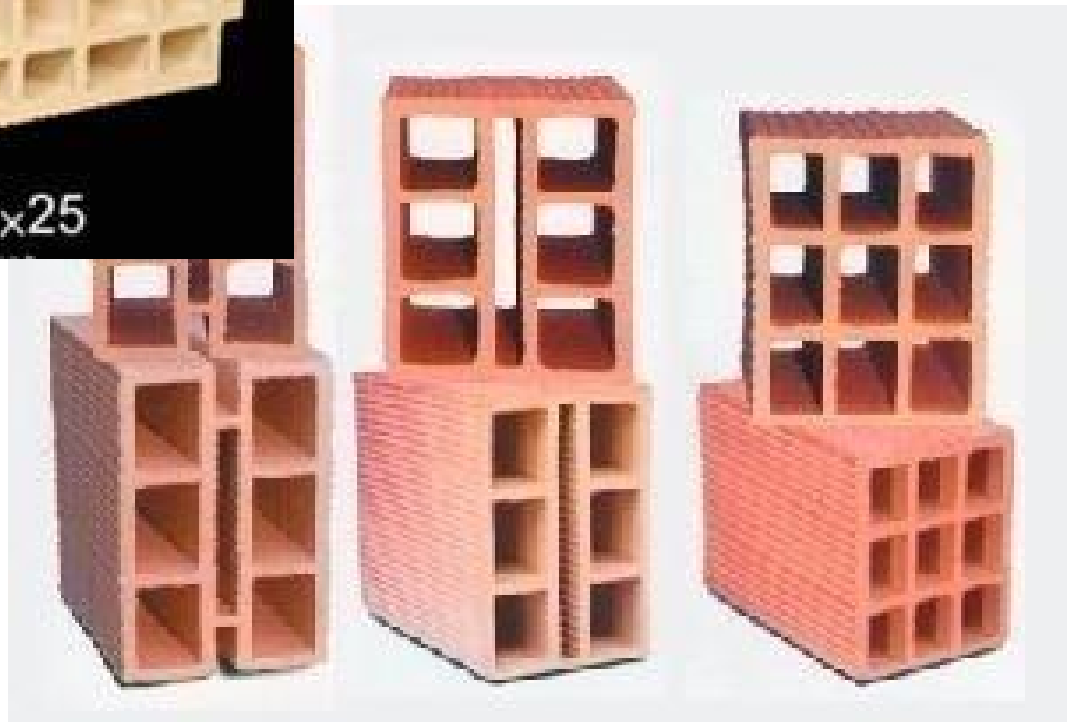
۱- بلوک تیغه ای

۲- بلوک سقفی

نمونه هایی از آجرهای سفالی



بلوکهای سقفی



نمونه هایی از بلوک های تیغه ای

سیمان

54

مواد مورد نیاز برای تهیه سیمان

نوع ماده	درصد مورد نیاز در مواد اولیه
آهک زنده	۶۰ الی ۷۰ درصد
سیلیس	۲۰ درصد
اکسید آلومینیوم	۶ درصد
اکسید آهن	۴ درصد
اکسید منیزیم	۳ درصد
اکسیدهای پتاسیم و سدیم	۴ درصد
مواد دیگر	۲ درصد

55

انواع سیمان تولیدی

- **سیمان تیپ ۱:** رایج ترین نوع سیمان که مقاومتی به مواجه با سولفات ندارد.
- **سیمان تیپ ۲:** این نوع سیمان اندکی مقاوم به سولفات و کلراید هست.
- **سیمان تیپ ۳:** این نوع سیمان به سیمان زود گیر نیز معروف است.
- **سیمان تیپ ٤:** کمترین حرارت هیدراسیون را در موقع سخت شدن تولید می کند.
- **سیمان تیپ ٥:** این نوع سیمان ضد سولفات بوده و در برابر حمله شدید سولفات مقاوم است.

56

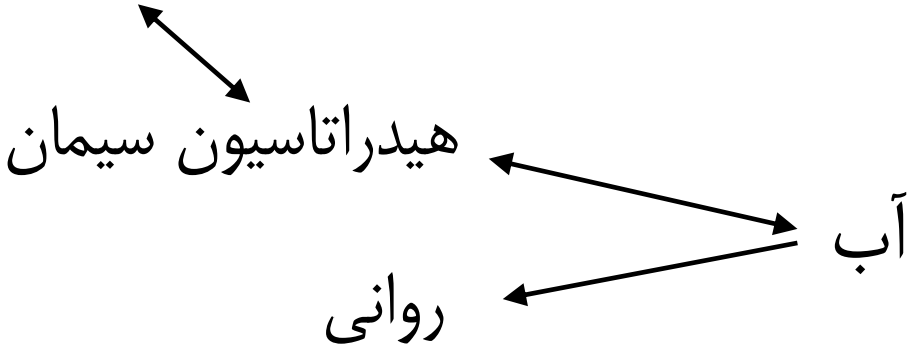
انواع اختصاصی تر سیمان

- سیمان پرتلند ممتاز: (در تولید آن نهایت دقت به عمل می آید).
- سیمان زودگیر: (مقدار کلسیم سیلیکات در آن بالا است).
- سیمان ضد سولفات: (سیمان آهنی).
- سیمان هوازا: (به دلیل تولید حبابهایی که به هم متصل نیستند دربرابر یخ زدگی مقاوم است).
- سیمان های رنگی: (همچون حذف و یاکاهش ترکیبات آهن دار).
- سیمان چاه کنی: (در صنعت نفت کاربرد دارد و در دمای بالا سخت می گردد).
- سیمان روباره: (این سیمان از ترکیبات روی سطح کوره های ذوب آهن تشکیل می گردد).
- سیمان پوزولان: (پوزولان یک ماده ای است که اگر خوب آسیاب گردد سیمان طبیعی است).
- سیمان انبساطی: (پس از خشک شدن یک درصد افزایش حجم می یابد).
- سیمان برقی: (این سیمان اکسید آلومینیوم زیاد و آهک کم دارد).

بتن

58

بتن = دانه های سنگی+ چسب(سیمان)



دانه های سنگی + سیمان + آب

بتن = سنگ مصنوعی

مزایا:

-شکل خمیری ، هر شکل دلخواه

-مقاومت خوب فشاری

-مقاومت خوب در برابر آتش و عوامل جوی (زنگ زدن)

-در دسترس بودن مصالح

معایب:

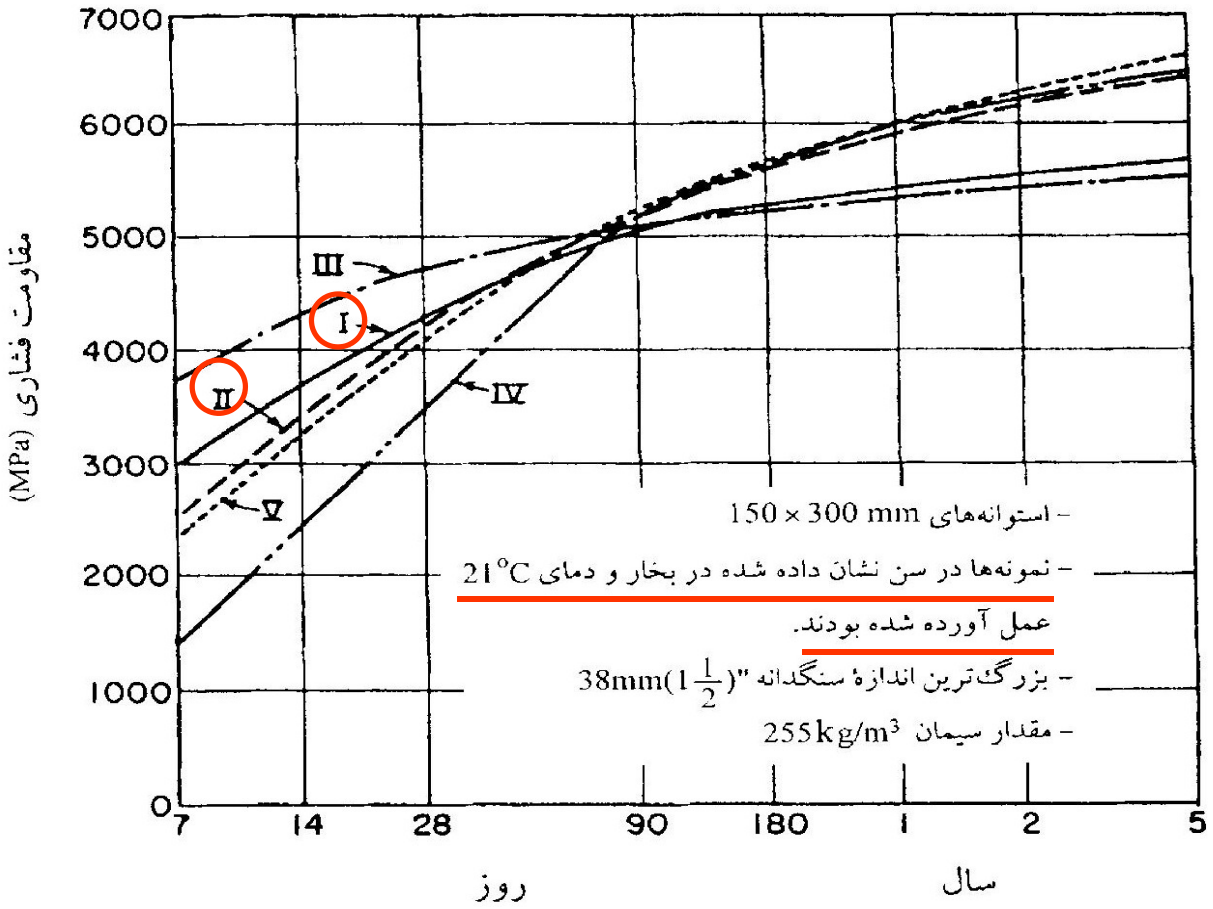
- کنترل کیفیت مشکل

– مقاومت کم کششی و خمشی

$$f_{ct} = 0.55\sqrt{f'_c}(N/mm^2)$$

$$f'_c = 21(N/mm^2) \Rightarrow f_{ct} = 0.55\sqrt{21} = 0.55 \times 4.58 = 2.5(N/mm^2)$$

رشد مقاومت برای انواع سیمان



شکل ۱۰.۲ میزان رشد مقاومت فشاری برای بتن ساخته شده با انواع گوناگون سیمان.

- نگهداری سیمان (کمتر از ۱۰-۵ کیسه روی هم)

در محیط مرطوب مدت زمان کوتاه نایلون غلتاندن

- آب آشامیدنی --

۹۰٪ مقاومت آب مقطر

تغییردرزمان گیرش کمتراز یک ساعت

- PH مابین ۴.۵ و ۸.۵

دانه های سنگی: ۷۰ تا ۸۵ ٪ وزن ۶۰-۷۵٪حجم بتن -

- طبیعی نیمه مصنوعی مصنوعی
- شکسته رودخانه ای
- شسته نشسته
- سطح دانه ها
- شکل دانه ها

- خواص حرارتی دانه ها

- تمیز بودن دانه ها چسبندگی خمیر سیمان به دانه ها

- مقاومت سایشی دانه ها (لس آنجلس)

- واکنش قلیایی های سیمان با سنگدانه های دارای سیلیس فعال

- یخ زدن و ذوب شدن

دانه بندی سنگدانه ها-

آب و سیمان لازم

کارآیی

اقتصادی بودن

تخلخل – پیوسته نبودن

ضریب نرمی ماسه(ریز دانه)

مجموع درصد

تجمعی مانده روی الکهای نمره ۴ و ۸ و ۱۶ ۳۰و۵۰و۱۰۰ بخش بر ۱۰۰

بین ۲.۳ تا ۳.۲

عبور از الک ۱۰۰ (۱۵۰ میکرون)

بیشتر از ۳٪

کمتر از ۱۰ ٪

حداکثر اندازه درشت دانه-

1/5 بعد قالب

3/4 فاصله میلگردها

1/3 ضخامت دال

کمتر از ۶ الی ۷ سانتیمتر

حدود ۰.۵ اینچ بهتر است

- مواد افزودنی

—**حباب زا** کارآیی یخ زدن نفوذپذیری کم

—**کندگیر کننده**

—**تسریع کننده**

—**کلرید کلسیم یا کلرور کلسیم ۲٪** ضد یخ

-**کاهنده آب یا فوق روان کننده ها**

- **مواد افزودنی معدنی** از جمله پوزولانهای طبیعی و مصنوعی

ضد یخ یا تسریع کننده

-کلریدی: کلرید کلسیم یا کلرور کلسیم

-فقط چند درجه نقطه انجماد آب

-افزایش سرعت هیدراسیون سیمان

خطرناک –خوردگی ولی ارزان

-غیر کلریدی: کلسیم مات یا کلسیم نیتریت یا کلسیم نیترات

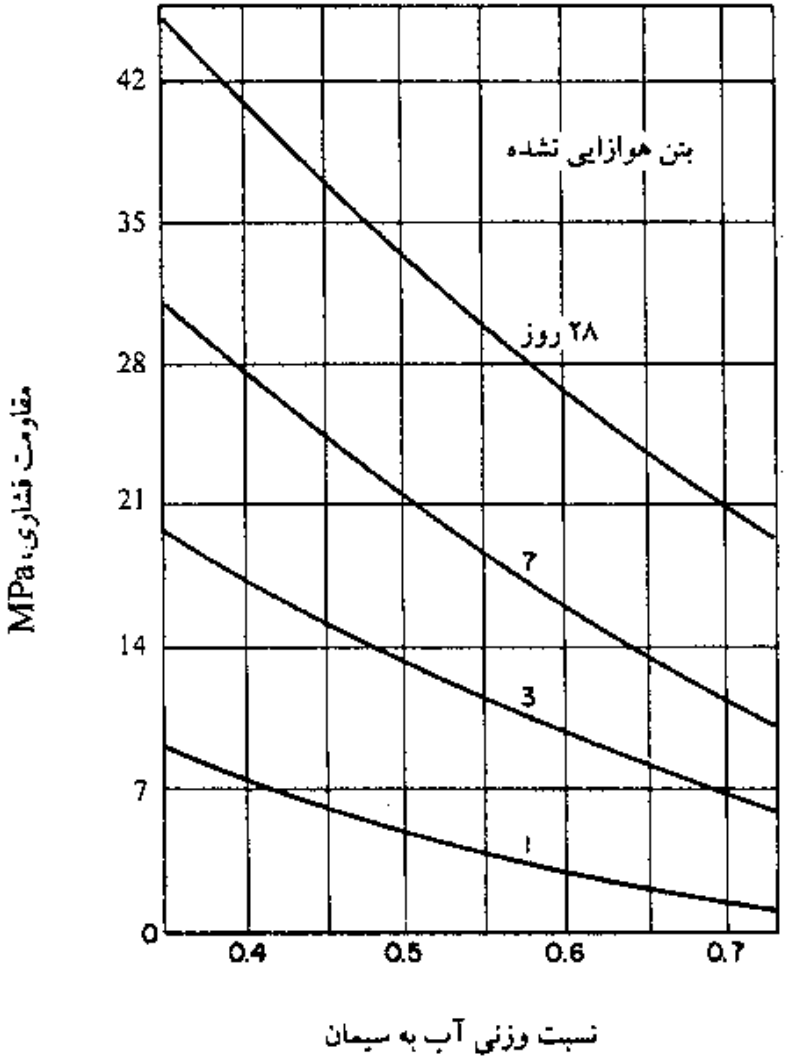
تاثیر کمتر ولی گرانتر

تعیین نسبت مخلوط‌های بـتن معمولی

هدف از طرح مخلوط بتن، تعیین صرفه‌جویانه‌ترین و عملی‌ترین مخلوط بتنی

۱. کارایی قابل‌قبول بتن تازه
۲. پایایی (دوام)، مقاومت، و ظاهر یکنواخت بتن سخت شده
۳. صرفه‌جویی

رابطهٔ بین مقاومت و نسبت آب به سیمان



مقاومت – | W/C

دوام – | W/C

قانون آبرامز

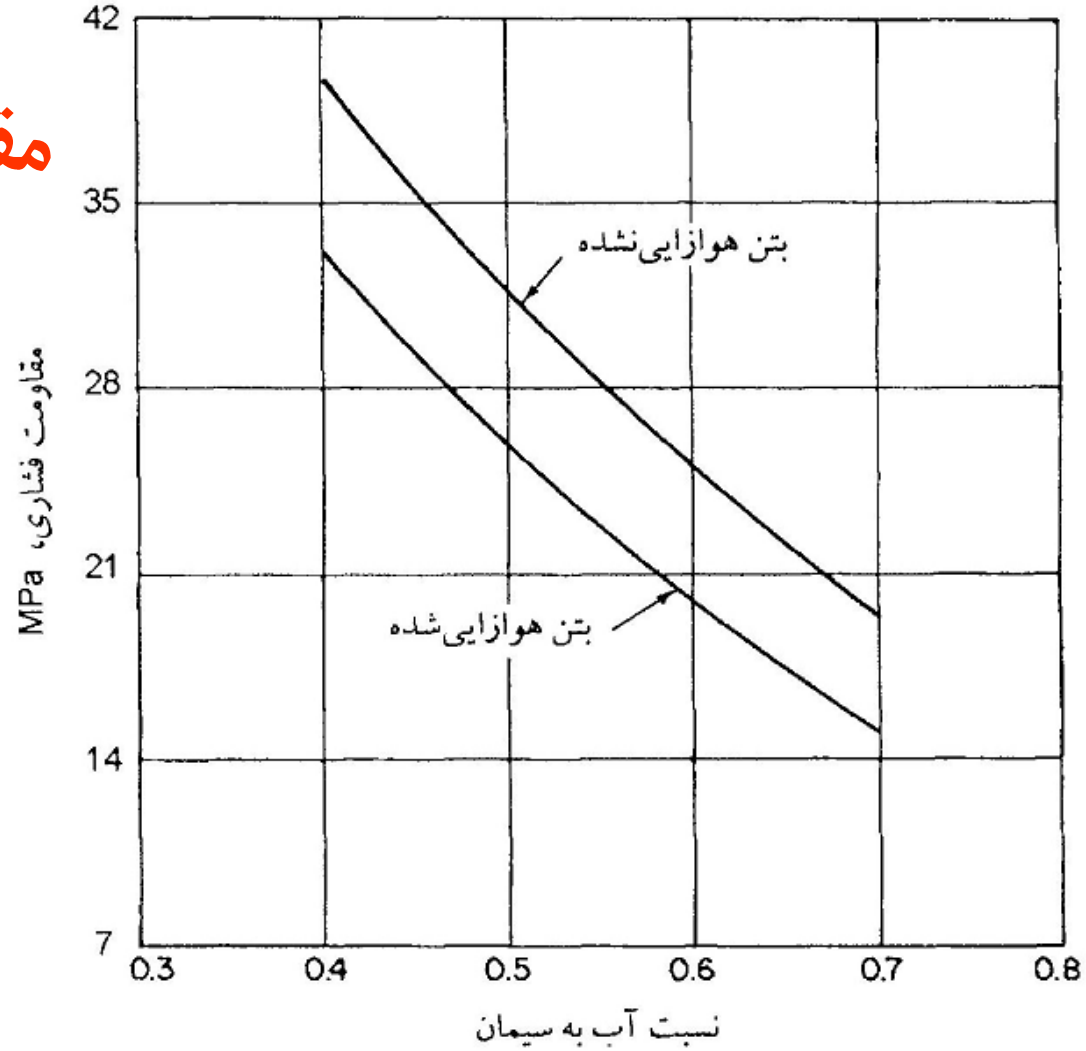
W/C ↗ ⟹ strength ↘

دوام

جدول ۱.۷ نسبت‌های آب به سیمان حداکثر برای شرایط محیطی گوناگون.[۱]

شرایط محیطی	حداکثر نسبت وزنی آب به سیمان برای بتن معمولی
بتنی که با به‌کار بردن مواد شیمیایی یخ‌زدا در برابر یخ زدن و آب شدن محافظت می‌شود.	نسبت آب به سیمان بر پایه مقاومت، کارایی، و نیازهای پرداخت‌کردن انتخاب می‌شود.
بتن آب‌بند:	
(الف) بتن در تماس با آب شیرین	۰/۵۰
(ب) بتن در تماس با آب شور یا آب دریا	۰/۴۵
بتن در معرض یخ زدن و آب شدن در شرایطی مرطوب[۲]	
(الف) جدول‌ها، نهرها، نرده‌ها، و مقاطع نازک بتنی	۰/۴۵
(ب) سایر اعضا	۰/۵۰
(پ) در صورت وجود مواد شیمیایی یخ‌زدا	۰/۴۵
به منظور حفاظت در برابر خوردگی بتن مسلح در معرض نمک‌های یخ‌زدا، آب شور، آب دریا، یا ترشح این مواد	۰/۴۰[۳]

مقاومت



شکل ۱.۷ نمونه‌ای از منحنی‌های مقاومتی بر مبنای مخلوط‌های آزمایشی یا داده‌های کارگاهی.

برای انتخاب نسبت آب به سیمان مخلوطهای آزمایشی (چنانچه داده های دیگری در دسترس نباشد.)

جدول ۳.۷ رابطهٔ بین نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بتن.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه، (MPa) [1]	نسبت وزنی آب به سیمان	
	بتن هوازایی نشده	بتن هوازایی شده
۴۲	۰/۴۱	–
۳۵	۰/۴۸	۰/۴۰
۲۸	۰/۵۷	۰/۴۸
۲۱	۰/۶۸	۰/۵۹
۱۴	۰/۸۲	۰/۷۴

۱. این مقادیر، مقاومت‌های میانگین تخمینی بتنی‌اند که مقدار هوای آن از درصد هوای نشان داده شده در جدول ۶.۷ بیش‌تر نباشد. برای نسبت آب به سیمان ثابت، مقاومت بتن با افزایش مقدار هوا کاستی می‌پذیرد.

مقاومت ارائه شده بر اساس استوانه‌های ۱۵۲×۳۰۵mm استوار است که مطابق بخش 9b از ASTM C31 به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۳± ۱°C به‌طور مرطوب عمل آورده شده باشند.

این رابطه با فرض بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، ۱۹mm (۳/۴ in) تا ۲۵mm (۱ in)، به‌دست آمده است.

برگرفته شده از مرجع ۶.۷.

کارآیی اسلامپ

جدول ۷.۷ اسلامپ‌های پیشنهادی برای موارد مختلف اجرایی.

مورد اجرایی و سازهٔ بتنی	اسلامپ، mm	
	حداکثر [۱]	حداقل
پی‌های مجزای مسلح و پی‌های دیواری مسلح	۷۵	۲۵
پی‌های مجزای غیرمسلح، صندوقچه‌ها، و دیوارهای زیرسازه‌ای	۷۵	۲۵
تیرها و دیوارهای مسلح	۱۰۰	۲۵
ستون‌های ساختمانی	۱۰۰	۲۵
روسازی‌ها و دال‌ها	۷۵	۲۵
بتن حجیم	۵۰	۲۵

۱. برای متراکم کردن با روش‌های دستی مانند میله‌کوبی بیلچه‌زنی، می‌توان اسلامپ حداکثر را به اندازهٔ ۲۵mm افزایش داد.

سیمان

شرایط محیطی شدید یخ زدن و آب شدن شدید،
قرارگیری در معرض یخ زدا،
تماس با سولفات

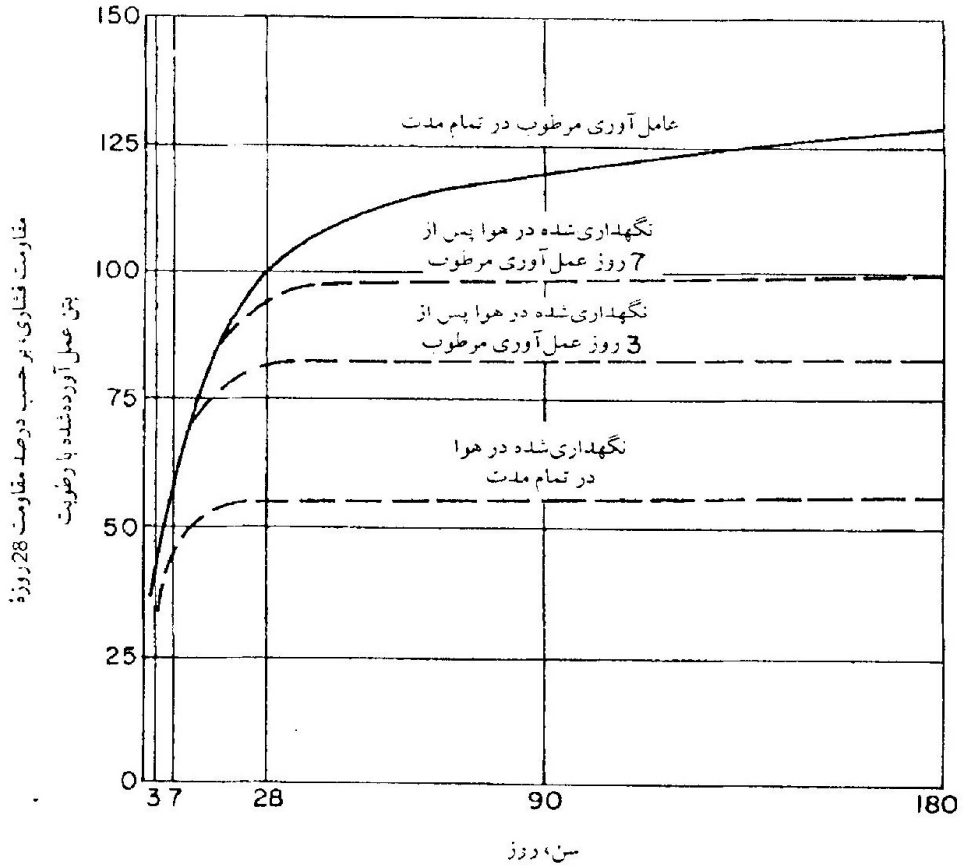
→ حداقل مقدار سیمان ۳۳۵ کیلوگرم در مترمکعب

جدول ۸.۷ ضوابط حداقل مقدار سیمان برای بتن معمولی مورداستفاده در سطوح مسطح.

بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، mm	سیمان، کیلوگرم بر مترمکعب [۱]
۳۷٫۵	۲۸۰
۲۵٫۰	۳۱۰
۱۹٫۰	۳۲۰
۱۲٫۵	۳۵۰
۹٫۵	۳۶۰

۱. برای شرایط محیطی شدید و نامساعد ممکن است لازم باشد مقادیر سیمان افزایش یابند.

تاثیر عمل آوری



شکل ۱.۱۰ تا زمانی که رطوبت و دمایی مساعد برای آبگیری سیمان وجود داشته باشد، مقاومت بتن به تناسب سن افزایش می‌یابد.

۶-۵ ارزیابی و پذیرش بتن

۶-۵-۱ پذیرش بتن، تواتر نمونه‌برداری و آزمایش مقاومت

پذیرش بتن در کارگاه بر اساس نتایج آزمایش فشاری نمونه‌های برداشته شده از بتن مصرفی صورت می‌پذیرد. دفعات نمونه‌برداری از بتن باید بنحوی یکنواخت در طول مدت تهیه و مصرف بتن توزیع شوند. نمونه‌ها باید از محل نهایی مصرف برداشته شوند.

۶-۵-۱-۱ مقصود از هر نمونه‌برداری از بتن، تهیه دو آزمونه از آن است که آزمایش فشاری آنها در سن ۲۸ روزه یا هر سن مقرر شده دیگری انجام می‌پذیرد و متوسط مقاومتهای فشاری به دست آمده به عنوان نتیجه نهایی آزمایش منظور می‌شود. برای ارزیابی کیفیت بتن قبل از موعد مقرر می‌توان یک آزمونه دیگر هم به منظور انجام آزمایش مقاومت فشاری تهیه کرد.

بتن+آرماتور= بتن مسلح

میل گرد صاف

میل گرد آجدار

فولادهای با مقاومت بالا

بتن پیش تنیده

بتن پس تنیده

– دوام بتن

قبل از طرح بتن باید محیط کار و عملکرد بتن شناسایی گردد.

عوامل داخلی و خارجی موثر بر کیفیت و کارایی آن در طول

عمر آن مشخص شود.

عوامل جوی مثل یخ بندان

کربناسیون

باران اسیدی

سایش و فرسایش

عوامل خورنده

سنگدانه های واکنش زا

خوردگی آرماتورها

خستگی –پل –پی ماشین آلات

- آب زیاد در هنگام اختلاط
- تراکم نامناسب
- دانه های متخلخل

مقاومت بالا

نفوذ پذیری کم

نسبت آب به سیمان کم

پوشش مناسب آرماتورها

.....

SuperPlasticzer فوق روان کننده ها

1%~3% C

Ligno Sulfonate Naphthalene Sulfonate Melamine Sulfonate

High-Range Water reducing < 1% C

پوزولانها

پوزولانهای طبیعی و مصنوعی

$P+W+C \longrightarrow C\text{-}S\text{-}H$ Calcium Silicate Hydrate

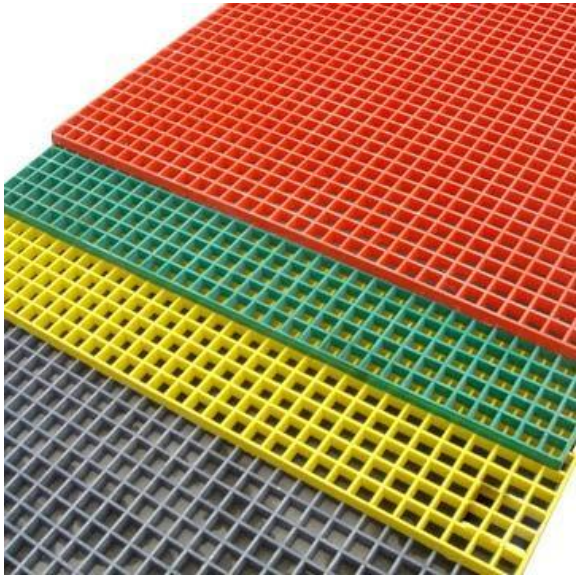
$Ca(OH_2)$ ماده مفید

ماده مضر

مزایا :

- اقتصاد
- کارآیی
- مقاومت در برابر عوامل خورنده
- حرارت کم

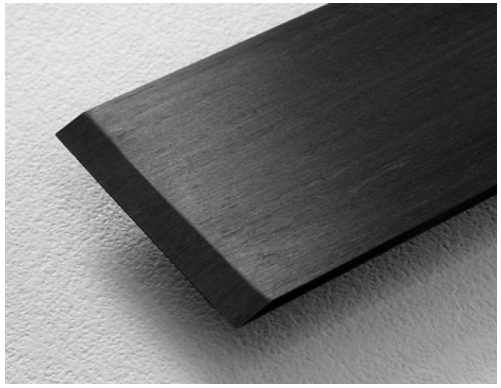
(FRP) Fiber Reinforced Polymers



مزایای کامپوزیت های FRP

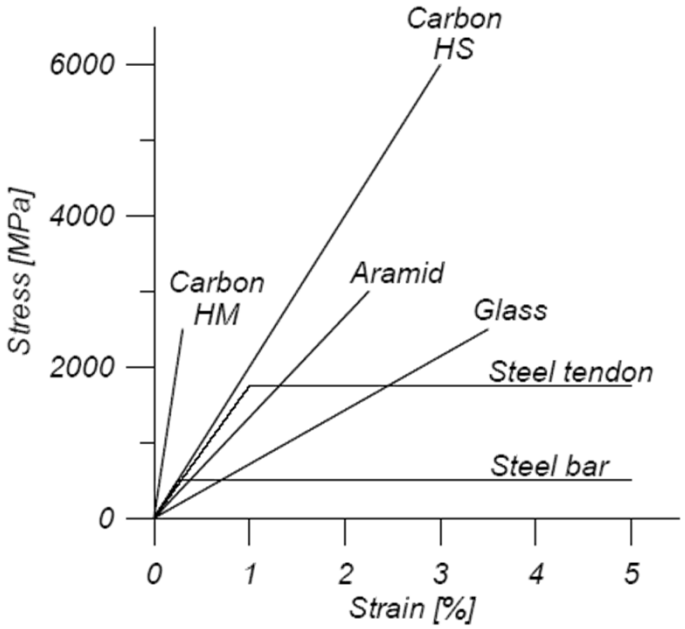
- وزن کم
- انعطاف پذیری بالا
- جابجایی راحت و سادگی اجراء و سرعت عمل بالا
- عدم نیاز به سیستم های محافظ در برابر خوردگی
- برشکاری در قطعات دلخواه
- دارای مقاومت و سختی بالا
- امکان تقویت بصورت خارجی

معایب کامپوزیت های FRP



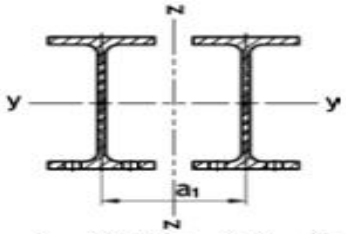
- آسیب پذیری در مقابل آتش
- کم تجربی مشاوران و پیمانکاران
- استفاده از لایه های FRP در سطوح غیر صاف امکان پذیر نیست
- امکان وقوع شکست ترد افزایش می یابد

انواع کامپوزیت های FRP



- کربن CFRP
- شیشه GFRP
- آرامید AFRP

مقاطع پروفیل استاندارد فولادی



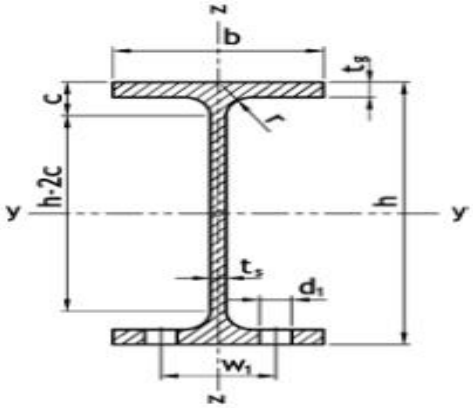
مقررات فنی حفاظت در برابر خوردگی برای a_1 طبق استاندارد DIN EN ISO 12944-3 را در صفحه 56 ملاحظه شود.

تیر I باریک

ردیف I PE، I PEv، I PEo

طول‌های استاندارد
برای ارتفاع پروفیل کمتر از 300 میلیمتر 8 تا 16 متر
برای ارتفاع پروفیل 300 میلیمتر و بیشتر 8 تا 18 متر

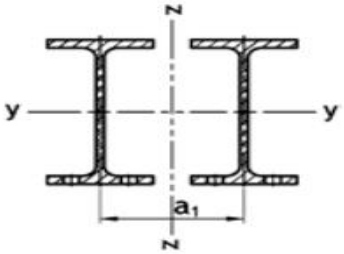
مقادیر برش پلاستیک M_{pl}، N_{pl}، V_{pl} و مقادیر محاسباتی تکمیلی W_{pl}، S_y، I_T، I_ω و $i_{z,g}$ در صفحه ملاحظه شود.
مساحت روکش U در صفحه 44 ملاحظه شود.



علائم قدیم

علائم اختصاری	اندازه برحسب میلیمتر						A_{Steg}	A	G	محورهای خمش						s_y	سوراخ‌های لبه طبق DIN 997 چاپ اکتبر 1970 *)	
										y-y			z-z					
	h	b	t_s	t_g	r	h-2c				I_y	W_y	i_y	I_z	W_z	i_z		d_1	w_1
							cm^2	cm^2	kg/m	cm^4	cm^3	cm	cm^4	cm^3	cm	cm	mm	mm
			s	t				F		J_x	W_x	i_x	J_y	W_y	i_y	s_x		
I PE	تیر I باریک با لبه‌های موازی، ردیف I PE (گرم نورد شده) طبق DIN 1025 قسمت پنجم، چاپ مارچ 1994 و استاندارد اروپا 57-19 مقادیر مجاز و تلرانس طبق DIN EN 10034، چاپ مارچ 1994																	
80	80	46	3.8	5.2	5	59	2.84	7.64	6.00	80.1	20.0	3.24	8.49	3.69	1.05	6.9	6.4	26
100	100	55	4.1	5.7	7	74	3.87	10.3	8.10	171	34.2	4.07	15.9	5.79	1.24	8.6	8.4	30
120	120	64	4.4	6.3	7	93	5.00	13.2	10.4	318	53.0	4.90	27.7	8.65	1.45	10.5	8.4	36

مقاطع پروفیل استاندارد فولادی



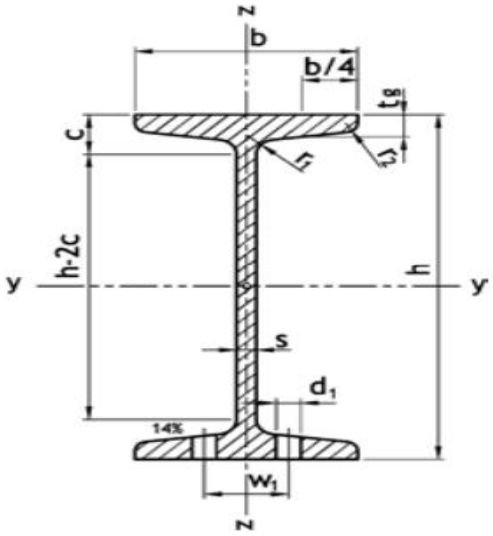
مقررات فنی حفاظت در برابر خوردگی برای a_1 طبق استاندارد DIN EN ISO 12944-3 را در صفحه 56 ملاحظه شود.

تیر I باریک

ردیف I

طول‌های استاندارد
برای ارتفاع پروفیل کمتر از 300 میلیمتر 8 تا 16 متر
برای ارتفاع پروفیل 300 میلیمتر و بیشتر 8 تا 18 متر

مقادیر برش پلاستیک M_{pl}، N_{pl}، V_{pl} و مقادیر محاسباتی تکمیلی W_{pl}، S_y، I_T، I_ω و $i_{z,g}$ در صفحه ملاحظه شود.
مساحت روکش U در صفحه 44 ملاحظه شود.

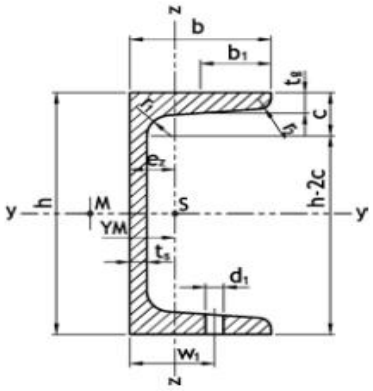


علائم طبق DIN 1025

علامت اختصاری	اندازه برحسب میلیمتر						A_{Steg}	A	G	محورهای خمش						S_y	سوراخ‌های لبه طبق DIN 997 چاپ اکتبر 1970	
										y-y			z-z					
	h	b	t_s	t_g	r	h-2c				I_y	W_y	i_y	I_z	W_z	i_z		d_1	w_1
							cm^2	cm^2	kg/m	cm^4	cm^3	cm	cm^4	cm^3	cm	cm	mm	mm
			s	t				F		J_x	W_x	i_x	J_y	W_y	i_y	S_x		
I	تیر I باریک با لبه‌های موازی ردیف I (نورد گرم شده) طبق DIN 1025 قسمت اول، چاپ 1995، مقادیر مجاز و تلرانس طبق DIN 10024 چاپ می 1995																	
80	80	42	3.9	5.9	2.3	59	2.89	7.57	5.94	77.8	19.5	3.20	6.29	3.00	0.91	6.84	6.4	22
100	100	50	4.5	6.8	2.7	75	4.19	10.6	8.34	171	34.2	4.01	12.2	4.88	1.07	8.57	6.4	28
120	120	58	5.1	7.7	3.1	92	5.72	14.2	11.1	328	54.7	4.81	21.5	7.41	1.23	10.3	8.4	32

ناودانی U

لبه‌های شیب‌دار



طول‌های استاندارد

برای ارتفاع پروفیل کمتر از 300 میلیمتر 8 تا 16 متر

برای ارتفاع پروفیل 300 میلیمتر و بیشتر 8 تا 18 متر

برای ناودانی U 30×15 تا U 65 6 تا 12 متر

شیب سطح داخلی لبه‌ها

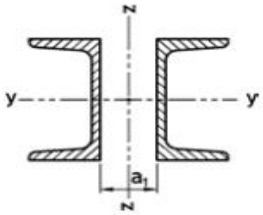
8% شیب در پروفیل‌های با $h \le 300$ mm

5% شیب در پروفیل‌های با $h > 300$ mm

$b_1 = \frac{b - t_s}{2}$ در $h > 300$ $\quad b_1 = \frac{b}{2}$ در $h \le 300$

e_z = فاصله محور ثقل z-z

y_M = فاصله مرکز برش M از محور z



مقررات فنی حفاظت در برابر خوردگی برای a_1 طبق استاندارد DIN EN ISO 12944-3 را در صفحه 56 ملاحظه شود.

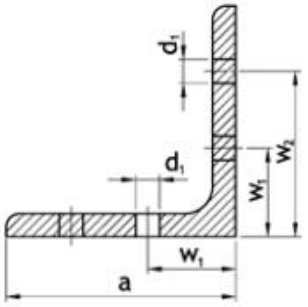
مقادیر برش پلاستیک M_{pl}، N_{pl}، V_{pl} و مقادیر محاسباتی تکمیلی W_{pl}، S_y، I_T، I_w و $i_{z,g}$ در صفحه ملاحظه شود.

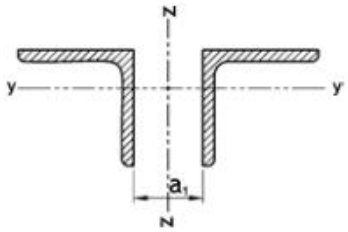
مساحت روکش U در صفحه 44 ملاحظه شود.

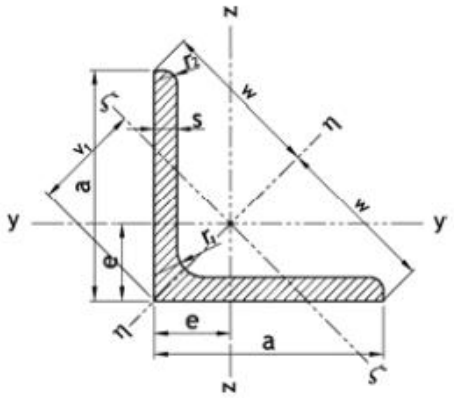
علائم طبق DIN 1025

علامت اختصاری	اندازه برحسب میلیمتر						$A_{St,g}$	A	G	محورهای خمش						e_z	y_M	s_y	سوراخ‌های لبه طبق DIN 997 چاپ اکتبر 1970	
										y-y			z-z							
	h	b	t_s	t_g	r	h-2c				I_y	W_y	i_y	I_z	W_z	i_z				d_1	w_1
							cm^2	cm^2	kg/m	cm^4	cm^3	cm	cm^4	cm^3	cm	cm	cm	cm	mm	mm
			s	t				F		J_x	W_x	i_x	J_y	W_y	i_y	e_z	x_M	s_x		
U	ناودانی U با لبه گرد (نورد گرم شده) طبق DIN 1026، قسمت اول (چاپ نوامبر 2002)																			
30 × 15	30	15	4	4.5	2	12	1.02	2.21	1.74	2.53	1.69	1.07	0.38	0.39	0.42	0.52	0.74	-	4.3	10
30	30	33	5	7	3.5	1	1.15	5.44	4.27	6.39	4.26	1.08	5.33	2.68	0.99	1.31	2.22	-	8.4	20
40 × 20	40	20	5	5.5	2.5	18	1.72	3.66	2.87	7.58	3.79	1.44	1.14	0.86	0.56	0.67	1.01	-	6.4	11

نبشی L با لبه‌های مساوی







طول‌های استاندارد 6 تا 12 متر

مقررات فنی حفاظت در برابر خوردگی برای a_1 طبق استاندارد DIN EN ISO 12944-3 را در صفحه 56 ملاحظه شود.

برای فاصله a_1 گشتاور ماند محور z-z از گشتاور ماند مربوط به محور y-y بزرگتر می‌باشد.

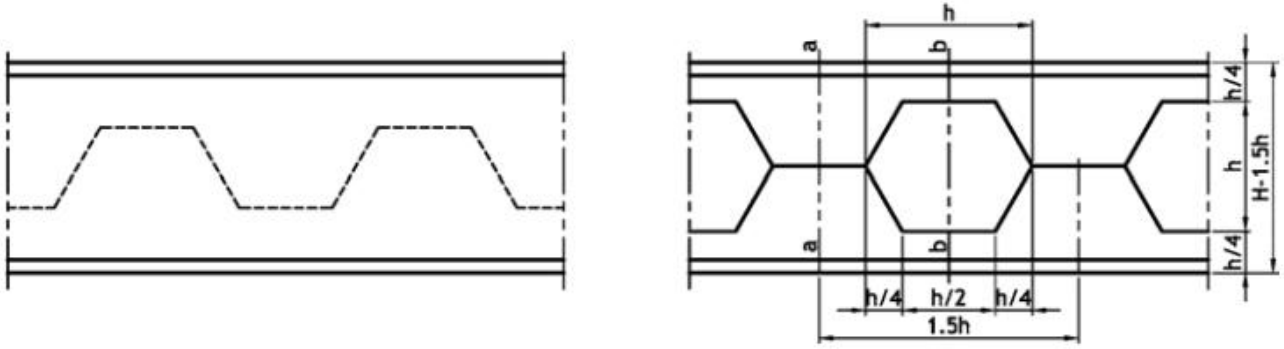
i_ζ = i_{min} در حالت تک‌نبشی

مساحت روکش U در صفحه 45 ملاحظه شود.

علائم قدیمی

اندازه برحسب میلیمتر					فواصل محورها			محورهای خمش									سوراخ‌های لبه طبق DIN 997 چاپ اکتبر 1970	
a s	r_1	r_2	A	G				y-y=z-z			η-η		ζ-ζ					
علامت اختصاری			cm^2	kg/m	e cm	w cm	v_1 cm	$I_y=I_z$ cm^4	$W_y=W_z$ cm^3	$i_y=i_z$ cm	I_η cm^4	i_η cm	I_ζ cm^4	W_ζ cm^3	i_ζ cm	d_1 mm	w_1 mm
			F					$I_x=I_y$	$W_x=W_y$	$i_x=i_y$	I_ζ	i_ζ	I_η	W_η	i_η		
L	نبشی لبه‌گرد با لبه‌های مساوی (گرم نورد شده) طبق DIN EN 10056-1، چاپ اکتبر 1998 جایگزین DIN 1028، چاپ مارچ 1994 مقادیر مجاز و تلرانس طبق DIN EN 10056-2، چاپ مارچ 1994																	
20 × 3	3.5	1.75	1.12	0.882	0.598	1.41	0.846	0.392	0.279	0.590	0.618	0.742	0.165	0.195	0.383	4.3	12
25 × 3	3.5	1.75	1.42	1.12	0.723	1.77	1.02	0.803	0.452	0.751	1.27	0.945	0.334	0.326	0.484	6.4	15
4	3.5	1.75	1.85	1.45	0.762	1.77	1.08	1.02	0.586	0.741	1.61	0.931	0.430	0.339	0.482	6.4	15
30 × 3	5	2.5	1.74	1.36	0.835	2.12	1.18	1.40	0.649	0.899	2.22	1.13	0.585	0.496	0.581	8.4	17
4	5	2.5	2.27	1.78	0.878	2.12	1.24	1.80	0.850	0.892	2.85	1.12	0.754	0.607	0.577	8.4	17
35 × 4	5	2.5	2.67	2.09	1.00	2.47	1.42	2.95	1.18	1.05	4.68	1.32	1.23	0.865	0.678	11	18

مقادیر استاتیکی برای تیر I پهن (IPE) لانه‌زنبوری، جوش داده شده



IPE	H mm	s mm	t mm	F_a cm^2	F_b cm^2	G kg/1.5 h	G kg/m	J_{x_a} cm^4	W_{x_a} cm^3	J_{x_b} cm^4	W_{x_b} cm^3	S_{x_a} cm^3	S_{x_b} cm^3
80	120	3.8	5.2	9.16	6.12	0.718	6.00	206	34.3	189	31.6	20.0	17.0
100	150	4.1	5.7	12.4	8.25	1.21	8.10	437	58.2	403	53.7	33.9	28.8
120	180	4.4	6.3	15.8	10.6	1.86	10.4	809	89.9	746	82.8	52.2	44.2