مصالح ساختمانی

درس: عزیز رنجبری

تایپ و تنظیم : سهند خلیل زاده تبریزی

به نام خدا

فهرست:

گچ (GYPSUM): ۲
آهک (LIME): ۶
سیمان(CEMENT): ۱۰
قیر (TAR – BITUMEN – ASPHALT): ۱۶
چوب (WOOD): ۲۱
شیشه (GLASS): ۲۴
فلز (METAL): ۳۰
خاک (SOIL): ۳۶
سنگ (ROCK): ۴۰
آجر (BRICK) (آگور یونانی): ۴۴
کاشی (TILE): ۵۲
ملات (ملاط) (MASTIC – PASTE – MORTAR): ۵۴
آسفالت (ASPHALT CONCRETE): ۵۷
بتن (CEMENT CONCRETE): ۶۲
بازدارنده (عایق) (INSULATOR): ۷۴
آزمایشات ۷۸
آزمایش‌های گچ: ۷۹
آزمایش‌های آجر: ۸۱
آزمایش‌های سنگدانه‌ها: ۸۳
آزمایش‌های سیمان: ۸۸
آزمایش‌های تاب فشاری و تاب کششی ملات سیمان: ۹۰

گچ (Gypsum):

- ❖ (ژیپس) $CaSO_4, 2H_2O$
- ❖ پنجمین کانی فراوان
- ❖ میل ترکیبی بیشتر با کربن (سیاه و خاکستری) و اکسید آهن (زرد و کبود و سرخ)
- ❖ ته‌نشسته با رس و آهک

پخت:

- ❖ **گچ معمولی**

$$CaSO_4 , 2H_2O \xrightarrow[170^\circ]{} CaSO_4 . \frac{1}{2} H_2O + \frac{3}{2} H_2O$$

- ❖ **گچ تشنه**

$$CaSO_4 , 2H_2O \xrightarrow[300^\circ]{} CaSO_4 . 0.3H_2O + 1.7H_2O$$

از هوا هم می تواند H_2O را بگیرد. گچ تشنه میل چشمگیری برای ترکیب با آب دارد.

- ❖ **گچ سوخته (انیدریت)**

$$CaSO_4 , 2H_2O \xrightarrow[700^\circ]{} CaSO_4 + 2H_2O$$

میل به ترکیب با آب ندارد.

$$CaSO_4 , 2H_2O \xrightarrow[700^\circ \sim 1400^\circ]{} CaO + SO_3 + 2H_2O$$

CaO (آهک زنده)، پس از آبمکی شکفته می‌شود و رویه گچ را آبله‌گون می‌کند.

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 270_{Kcal/Kg}$$

گچ پخته به گونه‌ای آسیاب می‌شود که:

$D_{max} = 0.6_{mm}$

$F_{0.15mm} \geq 90\%$ (**finer** ریزتر از)

$F_{0.2mm} \geq 99.5\%$

کاربردهای گچ:

۱) پیاده‌کردن نقشه

۲) ملات گچ

۳) گچ خاک

۴) گچ و ماسه

۵) گچ مرمری

گچ مرمری: پایدار در برابر نم (اندود دیوارهای گرمابه و آبریزگاه)

ویژگی ها: ۱) کندگیر ۲) مرمر ساختگی

$$\underbrace{Caso_4}_{\text{گرد انیدریت}} + \underbrace{Al_2(so_4)_3}_{\text{زاج}} \rightarrow \text{خمیر} \rightarrow 500^\circ \text{پخت} \rightarrow \text{آسیاب} \rightarrow \text{گچ مرمری}$$

20% آب برای آبگیری گچ بسنده است ولی برای شکل پذیری بهتر آن 85% ~ 65% وزنی به آن آب می‌زنند.

۶) اندود دیوار و سقف (گچ، گچ و خاک، گچ و خاک و کاه، گچ و ماسه)

۷) سفیدکاری و رویه پس از سفید کاری با گچ سفید،1_{mm}از گچ کشته برای صاف و صیقلی شدن دیوار بکار می‌رود.

$$\text{گچ کشته} \xrightarrow{12_{min}\ \text{به هم زدن با دست}} \text{آب} + \text{گچ الک شده}$$

❖ با بهم زدن، بلورهائی که سفت شدن گچ را پیش می‌آورند، پدید نیامده‌اند.

❖ گچ کشته تا خشکیدن، پلاستیک (خمیری) است.

۸) گچ بری

۹) تیغه‌های گچی ← ۱) بکارگیری ساده و آسان

۲) سبک

۳) رنگ‌کاری آسان

❖ با افزودن آب اکسیژنه یا سولفات آلومینیوم به آب گچ، در ملات گچ گاز و حباب پدید می‌آید و گچ پوک و سبک می‌شود.

❖ برای سبکی و پرتابی می‌توان به گچ کاه، سبوس، مو و ... افزود.

۱۰) لوح گچی ← ۱) زیبائی (نگاری ازگل و بوته دارند.)
۲) نسوز در برابر آتش
۳)آکوستیک (عایق و جاذب صدا)

۱۱) نگهدار موقت، شکسته‌بندی، مجسمه‌سازی، قالب ریختگری
۱۲) دورگیر ستون های فلزی، برای پایدار کردن آن ها در برابر آتش

- ❖ گچ بایستی به دور از نم و بخار و سربار، انبار شود.
- ❖ نباید بیشتر از 10 کیسه بر روی هم چیده شود.

ویژگی‌های گچ:

۱) فراوانی و رنگ خوشایند.
۲) زودگیری: خودگیری $25_{min} \sim 8$ پس از آمیختن با آب آغاز و پس از $60_{min} \sim 20$ پایان می‌یابد.
امکان ساخت تیغه گچی و تاق آجری
۳) افزایش حجم به هنگام خودگیری
گچ پس از خودگیری 1% افزایش حجم می‌یابد و از این رو رویه بزرگی را می‌توان با آن، بی‌آنکه ترک بخورد و لانه حشرات شود، اندود کرد.

شوندهای ترک خوردن گچ:

۱. آب بیشتر
۲. کلفتی اندود (بیرون آمدن بخار درون، رویه را ترک می‌دهد.)
۳. یخزدگی پیش از خشکیدن
۴. نشست

۴) پایدار در برابر آتش ← 3 ~ 2 ساعت
۵) عایق و جاذب صدا ← 70% ~ 60 ارتعاشات را جذب می‌کند و از پژواک صدا در اتاق‌ها و سالن‌های کوچک جلوگیری می‌کند.
۶) رنگ پذیری ← رنگ روغنی گچ را در برابر نم پرتاب می‌کند.

۷) تاب کم در برابر آب و نم ← { تاب فشاری نزدیک به $30_{kg/m^3}$ ← $\frac{1}{10}$ بتن
تاب کششی نزدیک به $5_{kg/m^3}$

❖ برای افزودن به تاب کششی گچ، آن را همراه با تور بکار می برند.

۸) خورنده فلزات

$$CaSO_4 + Fe \rightarrow FeSO_4 + Ca$$

برای جلوگیری از خوردگی، فلزات در تماس با گچ با قیر یا رنگ اندود می شوند.

افزودنی‌ها به گچ:

❖ 0.5% وزن گچ، Nacl، زمان گیرش را به 5_{min} می‌کاهد.

❖ Nacl تا 4% وزن گچ، باز هم زمان گیرش را می‌کاهد و پس از آن اثر وارونه‌ای دارد.

❖ زاج گچ را کندگیر می‌کند.

❖ 6% ~ 1 سریش گچ را کندگیر می‌کند.

❖ افزودن خاک رس، گچ را کندگیر می‌کند.

آهک (Lime):

- ❖ سنگ آهک ($Caco_3$)
- ❖ سنگ لاشه (بی قواره)
- ❖ سنگ فرش و پله
- ❖ تراورتن
- ❖ مرمر (آراگونیت) marble
- ❖ دولومیت
- ❖ مارن marl (آهک + رس) گل آهک

آهک پخته (آهک زنده)

$$CaCO_3 \xrightarrow[1000^\circ]{} CaO + CO_2$$

آهک شکفته

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 270_{Kcal/Kg}$$

آهک دوباره سخت شده

$$Ca(OH)_2 + H_2O + CO_2 \xrightarrow[3\ \text{ماه}]{} CaCO_3 + 2H_2O$$

- ❖ برای آغاز خودگیری بایستی محیط نمناک باشد و سپس آب خود به خود تولید می‌شود.

کاربرد:

۱) ملات ماسه آهک و ملات ماسه آهک سیمان (ملات با تارد)

۲) شفته آهکی

- ❖ آب + آهک + خاک (شن و ماسه و رس)
- ❖ نسبت به ملات آهکی مقاومت زیادتری دارد.
- ❖ شفته آهکی برای پرتاب کردن خاک‌ها (به ویژه خاک‌های رس دار) بکار می‌رود و هر چه خاک ریزدانه‌تر باشد، آهک بیشتری نیاز خواهد بود.
- ❖ شفته خود را درون آب نمی‌گیرد.

۳) تثبیت خاک (stabilization)

- ❖ پاشش 7% ~ 3 وزنی خاک، آهک
- ❖ تزریق دوغاب آهک به خاک
- ❖ با پوشش آهک به خاک رسی، افزون بر خودگیری آهک و چسبیدن دانه ها به هم، رفتار خمیری خاک نیز بهبود می‌یابد.

۴) از میان بردن گیاهان در بستر راه و باند فرودگاه

۵) آجر ماسه آهکی

۱) ماسه سلیسی (Sio_2 70%) + آهک شکفته + دما ($170°$) +فشار (8_{at})

۲) $Ca(oH)_2 + Sio_2 + (n-1)H_2o \rightarrow \underbrace{Cao\,,nH_2o\,,\ Sio_2}_{\text{هیدرو سیلیکات کلسیم}}$

۳) پرتاب

۴) هزینه سوخت کمتر

۵) بکار رفتن ماسه به جای خاک کشاورزی بکار رونده در آجر سفالی

۶) در دیوار زیر زمین و سر چاه بیشتر کاربرد دارد.

۷) سنگین

۶) ساخت سیمان

۷) آهن گدازی

۸) شیشه سازی

۹) تصفیه آب و قند

۱۰) کاهش اسید از زمین کشاورزی

۱۱) تولید کاربید

ویژگی های آهک:

۱) گونه سره آن سفید است و گونه های ناسره به رنگ‌های قهوه‌ای، زرد، سرخ، خاکستری دیده می‌شود.

۲) از چسباننده‌های دیرین است. (دیوار چین)

۳) در فلزات و قیر گونی خوردگی پدید می‌آورد.

۴) در محیط اسیدی وا می‌رود.

$$CO_2 + H_2O + CaCO_3 \longleftrightarrow \underbrace{Ca(HCO_3)_2}_{\text{بی‌کربنات کلسیم(محلول در آب)}}$$

با دگرگونی در دما، سرعت و فشار، اگر از آب دارای بی‌کربنات کلسیم، CO_2 برخیزد، با برگشت واکنش شیمیائی، آهک $CaCO_3$ ته‌نشین می‌شود و سنگ آرگونیت و تراورتن پدید می‌آید.

افت کند دما ← آرگونیت (مرمر) افت تند دما ← تراورتن

۵) به پوست و چشم آسیب می‌رساند.

۶) آهک پس از شکفته شدن افزایش حجم می‌یابد. (تا 2.5 برابر)

۷) Cao در انبار سربسته می‌تواند آتش سوزی پدید آورد و بهتر است پس از رسیدن به کارگاه، به آهک شکفته دگرگون شود. (هیدراته شود)

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 270_{Kcal/Kg}$$

روش شکوفاندن آهک:

- لایه‌های 30_{cm} ،Cao (تا رسیدن به بلندی 1.5 متر)، لایه‌لایه آب پاشی می‌شوند و رویه آنها کاه-گل گرفته می‌شود، تا 48 ساعت آهک به خوبی شکفته می‌شود.
- شیر آهک ← ته نشینی $\xleftarrow{\text{تبخیر آب}}$ دلمه آهک
- تحت فشار، با بخار آب 4_{At} ، در مدت 4 ساعت

آهک آبی:

آهک معمولی تنها در هوا خودگیری می‌کند ولی آهک آبی در آب هم می‌گیرد و همانند سیمان است.

آهک آبی ← آسیاب ← گرما تا عرق کردن ← سنگ آهک رس دار یا سیلیسی دار

❖ هر چه ضریب هیدرولیک بیشتر باشد، آهک آبی تند می گیرد.

$$\text{ضریب هیدرولیک آهک آبی} = \frac{\text{درصد وزنی } (SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)}{\text{درصد وزنی } (CaO + MgO)}$$

❖ برای شفته‌های کلفت آهک آبی بهتر است. چون Co_2 هوا به مغز شفته نمی‌رسد.

❖ بودن ناسره‌گی (MgO) در CaO گیرش آهک را کند می‌کند.

سیمان(Cement):

کاربرد:

۱) ملات (mortar): برای آجر چینی و چسباندن کاشی و اندودن رویه

۲) بتن (concrete): برای تیر، ستون، بند آبی، تونل سازی ....

۳) دوغاب (grout): برای پر تاب کردن و ناتراوا کردن لایه ها (در سد)

گام های فرآوری:

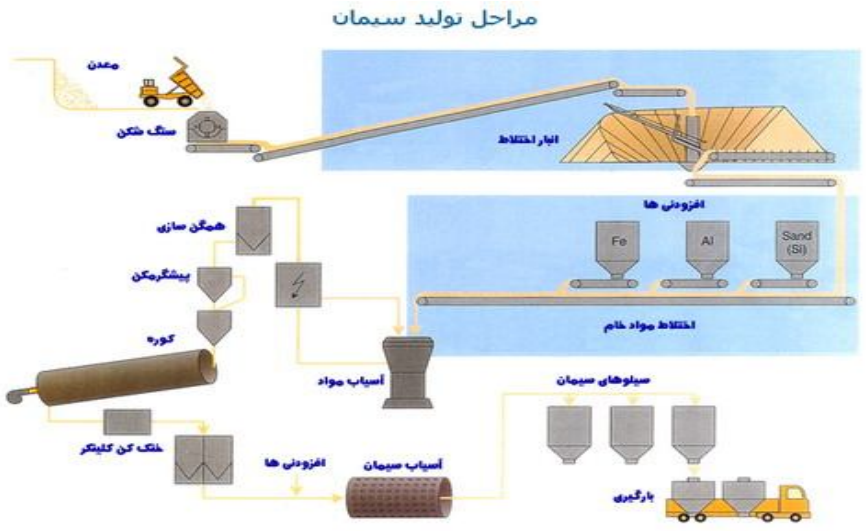
۱) آمیختن سنگ آهک، خاک رس و اکسید آهن

۲) آسیاب تر

۳) پختن تا دمای 1500° در 3 تا 5 ساعت و رسیدن به clinker سیمان

۴) آسیاب کردن clinker با 2% وزنی سنگ گچ ($CaSO_4 , 2H_2O$) و رسیدن به گرد سیمان

- ❖ اگر clinker به تنهایی گرد شود به تندی می گیرد (flash set) و کارائی آن (workability) را پایین می آورد.
- ❖ اگر clinker به هنگام آسیاب کردن با گچ گرم باشد با پراندن آب مولکولی سنگ گچ، گچ پدید خواهد آورد که گیرش دروغین سیمان را در پی خواهد داشت. (false setting)
- ❖ اگر گچ همراه سیمان بیشتر باشد، به هنگام خودگیری آماس و ترک خوردن پدید می‌آورد.
- ❖ به جای آهک از سنگ گچ نیز در فرآوری سیمان بهره برد.
- ❖ K_2O & Na_2O همراه سیمان با برخی از سنگدانه‌ها ترکیب شده و از هم می‌پاشیدن بتن را پیش می‌آورند. (سرطان بتن)



مواد پدید آورنده سیمان:

نام ماده	فرمول شیمیایی	درصد تقریبی بکار رفته
آهک زنده	CaO	60 ~ 67%
سیلیس	SiO_2	17 ~ 25%
آلومین	Al_2O_3	3 ~ 8%
اکسید آهن	Fe_2O_3	0.5 ~ 6%
مواد دیگر	MgO - K_2O - Na_2O	ناچیز

مواد تشکیل دهنده سیمان پس از پخت:

نام ماده	فرمول شیمیایی	نام صنعتی	درصد تقریبی موجود در سیمان
تری کلسیم سلیکات	$3CaO \cdot SiO_2$	C_3S	54%
دی کلسیم سیلیکات	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S	17%
تری کلسیم آلومینات	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A	11%
تترا کلسیم آلومینات فریت	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF	9%

❖ تغییر درصدهای چهار ماده تشکیل دهنده سیمان منجر به تغییر خاصیت سیمان تولیدی می‌شود.

گونه های سیمان (ASTM):

American Society for testing and materials

۱) سیمان گونه اول (معمولی):

❖ در بیشتر کارها کاربرد دارد.

❖ فراوان فرآوری می شود.

❖ نباید در خاک و آب سولفات دار و آب دریا بکار برده شود.

۲) سیمان گونه دوم:

در برابر سولفات، اندکی پایدار است و به هنگام خودگیری گرمای اندکی آزاد می‌کند و از این رو برای آب و هوای گرم مناسب است.

۳) سیمان گونه سوم (زودگیر):

- ❖ تاب سه روزه برابر تاب هفت روزه گونه اول است.
- ❖ خودگیری تند ← آزاد شدن گرما تند ← برای هوای سرد بهتر است.
- ❖ باز شدن زودتر قالب
- ❖ اگر به سیمان گونه سوم تا 2% وزنی $Cacl_2$ (ضد یخ) افزوده شود، زودگیرتر می‌شود.
- ❖ افزایش $Cacl_2$ خوردگی میلگرد ها را در پی خواهد داشت.
- ❖ اگرسیمان گونه سوم، به هنگام آسیاب کردن خیلی ریزتر شود (رویه ویژه $600\ m^2/kg$ زودگیرتر می‌شود.

۴) سیمان گونه چهارم (کم گرما):

- ❖ به هنگام خودگیری کمترین گرما را پدید می‌آورد و از این رو برای بتن‌های پرحجم بکار برده می‌شود.
- ❖ در سرزمین‌های گرم نیز کاربرد دارد.

۵) سیمان گونه پنجم (ضد سولفات):

- ❖ در آب و خاکهای پرسولفات کاربرد دارد.

۶) سیمان حباب زا (هوازا):

- ❖ سیمان های $A1 - A2 - A3$ همان سیمان‌های گونه یکم تا سوم هستند که مواد حباب زا به آن ها افزوده شده است.
- ❖ حباب های پدید آمده، ریز و ناپیوسته‌اند و هنگام با کارا کردن بتن، تاب آن را در برابر یخ زدن و آب شدن پی‌درپی و همچنین تاب آن را در برابر فشار تبلور سولفات (بلور زدن سولفات فشار تبلور بیشتری نسبت به آب دارد.) می‌افزاید.

۷) سیمان سفید:

- ❖ خاک رس چینی (کائولین) + آهک نرم و سره (خالص) و پختن با گاز و نفت به جای گرد زغال سنگ و همراهی کمتر Mgo Fe_2O_3
- ❖ کاربرد: نما، کاشی (موزائیک)، فراهم کردن سیمان رنگی از آسیاب کلینکر سیمان سفید و اکسیدهای رنگی
- ❖ اکسید کرم ← سبز
- ❖ اکسید منگنز ← آبی
- ❖ اکسید کبالت ← قهوه ای

۸) سیمان روباره:

- ❖ اگر 80% ~ 35 روباره کوره آهن گدازی به 20% ~ 65 ، کلینکر سیمان افزوده و آسیاب ، شود، سیمان ارزانی فراهم می‌گردد.
- ❖ گرمای خودگیری و آبگیری آن کمتر است.
- ❖ در برابر خوردگی شیمیایی، پایدارتر می‌باشد.
- ❖ این سیمان دیرگیر است.
- ❖ بتن آن کارائی خوبی دارد .

۹) سیمان سوپر سولفات:

- ❖ 85% ~ 80 روباره + 10% ~ 15 سولفات کلسیم بی‌آب + 5% کلینکر که تا رسیدن به نرمی 500 m^2/kg آسیاب می شوند.
- ❖ این سیمان در برابر سولفات فراوان و آب دریا پایداری بیشتری دارد.

۱۰) سیمان آماس کننده (منبسط شونده):

- ❖ این سیمان، وارون دیگر سیمان‌ها، به هنگام سخت شدن 1% افزایش حجم می‌یابد.
- ❖ درزه‌گیری
- ❖ چیرگی بر خزش بتن
- ❖ اندکی پیش تنیده کردن بتن

۱۱) سیمان پوزولانی:

❖ پوزولان ماده سلیسی یا سلیسی آلومیناتی است، که به خودی خود چسباننده نیست ولی چنانکه گرد آن همراه سیمان بکار برده شود، چسباننده می‌گردد.

پوزولان (تراس) ⟵ ۱- خاکستر آتشفشانی (توف و تراس) ۲- خاکستر زغال سنگ
۳- خاکستر پوسته برنج ۴- برخی سنگهای رسی و رس پخته

❖ 40%~ 20 پوزولان با 80% ~ 60 کلینکر آسیاب شود، سیمان پوزولانی پدید می‌آید .

❖ سیمان‌های پوزولانی دیر می‌گیرند و گرمای کمتری رها می‌کنند و دربرابر سولفات ها پایدارترند و اگر ماده پوزولانی آن‌ها ریزتر باشند، بتن آنها ناتراواتر می‌گردد.

۱۲) سیمان برقی (پر آلومین) سیمان آلومینا:

❖ 40% آلومین (Al_2o_3)
❖ کلینکر سختی دارد .(آسیاب کردن پر هزینه)
❖ پایدار در برابر سولفات
❖ بسیار زودگیر (80% تاب فشاری پس از 24 ساعت)
❖ نسوز
❖ کلینکر به جای دانه ⟵ بتن بسیار پرتاب $100\ kg/cm^2$
❖ آمختن این سیمان با سیمان‌های دیگر، هر دو را بی ارزش می‌کند.
❖ برای هوای سرد و سرزمین‌های سردسیر

۱۳) سیمان ضد نم:

❖ 0.4% ~ 0.1 وزن اسید اولئیک
❖ نگهداری آسان در انبار

۱۴) سیمان ضد باکتری:

❖ آمیختن و آسیاب کردن عامل ضد باکتری با کلینکر
❖ برای گرمابه همگانی و استخر شنا

۱۵) سیمان بنائی:

❖ برای ملات

نکاتی در مورد سیمان:

- ❖ دانه‌های سیمان هر چه ریزتر ← سخت شدن زودتر ← دمای آبگیری بیشتر
- ❖ دانه‌های بزرگ‌تر از 0.025 mm پس از یک هفته به افزایش تاب فشاری کمک می‌کنند.
- ❖ نگهداری سیمان ریزدانه دشوار است ← نم می‌گیرد.
- ❖ سیمان ریزدانه، بتن را ناتراوا می‌کند.
- ❖ رویه ویژه:رویه ریزه‌های یک گرم یا یک کیلوگرم سیمان را می‌گویند.
- ❖ در سیمان‌های 1- 2 -3 – 4 – 5 رویه ویژه 2600 cm^2/gr می‌باشد.
- ❖ رویه ویژه با بهره‌مندی از دستگاه Blaine ،از روی زمان گذر حجم ثابتی از هوای با دما و فشار معین که از میان لایه ای از سیمان می‌گذرد، اندازه‌گیری می‌شود.
- ❖ خودگیری (Setting): خمیر سیمان پس از گذر زمانی، خود را می‌گیرد و می‌تواند فشار اندکی را برتابد، که به آن خودگیری گفته می‌شود.
- ❖ خودگیری اغازی بر سخت شدن است ولی خود آن نیست.
- ❖ سخت و پرتاب شدن خمیر سیمان با گذر زمان و با آبگیری سیمان (هیدراتاسیون) به سرانجام می‌رسد.
- ❖ خودگیری تند، در قالب جای دادن بتن را، دشوار می کند.
- ❖ سیمان انبار شده، از هوا آب گرفته و اندک اندک کلوخه می‌شود. ← آجر و کاشی
- ❖ نباید بیشتر از 12~ 10 کیسه سیمان بر روی هم چیده شود.(کلوخه می‌شوند)
- ❖ کیسه‌های سیمان بایستی کمینه 10cm از زمینه و دیوار انبار دور باشند.
- ❖ سیمان‌های کندگیر، در دراز مدت تاب فشاری کمتری ندارند. تنها دیرتر به تاب پایانی خود می‌رسند.
- ❖ تاب 90 روزه سیمان‌های گونه یکم تا پنجم، نزدیک به هم است.
- ❖ روباره کوره آهنگدازی دارای آهک، سیلیکات و آلومینات است و گونه‌ای کلینکر است.
- ❖ با پیشرفت آبگیری (Hydration) همه سیمان‌ها گرما آزاد می‌شود.
- ❖ سیمان‌ها در درون آب نیز خودگیری می‌کنند و پرتاب می‌شوند.

قیر (Tar – Bitumen – Asphalt):

- ناتراوا
- چسباننده
- با افزایش دما (سخت ← سفت ← شل)
- موسان، نشکن ← پذیرای بار های پی‌درپی
- یخ نمی‌زند (سیمان، آهک و گچ در سرما خودگیری نمی‌کنند.)
- تاب شیمیائی بیشتر (اندود لوله)
- وارونده (حل شونده) در مواد نفتی

گونه های قیر:

۱) **قیر طبیعی (Natural asphalt)**
- نیاز به پالایش خاکستر و ماسه همراه دارند.
- سازگاری بیشتری با طبیعت دارند.
- ته‌مانده نفت خام تراویده به روی زمین هستند.

قیر معدنی
- دریاچه قیر برمودا
- دریاچه قیر ترینیداد
- رگه های قیر بهبهان، بئله سئوار

۲) سنگ و ماسه قیری

اگر نفت خام به درون سنگ آهک یا لایه ماسه راه پیدا کرده و روغن‌های خود را از دست بدهد سنگ و ماسه قیری پدید می‌آید که می‌توان پس از خرد کردن آنها، از آن‌ها آسفالت فرآوری کرد.

۳) قیر پالایش شده (Refined asphalt):

- ته مانده نفت خام پس از دمای 350°
- برای آسفالت (asphalt concrete)
- اندود ناتراوا و اندود ضد خورندگی (asphalt coating)

۳-۱) قیر خلأ:

در خلأ فرآوری می‌شود و از این رو خیلی از روغن‌های آن می‌پرد و از این رو قیر سفتی است و در سرما ترک می‌خورد.

۳-۲) قیر هوا دمیده:

از روی قیر داغ، هوای داغ می‌گذرانند که آن‌را اکسیده کرده و مانند قیر طبیعی می‌نماید.این قیر در دماهای بالاتری نرم می‌شود و در دماهای معمولی پایدارتر است و از آن در اندود (لوله و بام) بهره می‌برند.

۳-۳) قیر سره (خالص) (asphalt cement):

- قیر داغ با سنگدانه‌های داغ آمیخته می‌شود و آسفالت فرآوری می‌گردد.
- هر چه آب و هوا گرم‌تر یا راه پر رفت و آمد باشد، بایستی از قیر سفت‌تر بهره برد.
- قیر با درجه نفوذ 50 / 40 برای گرمسیر و 100/ 85 برای سرد سیر بهتر است.

فرآوری‌های قیری:

۱) امولسیون قیر:

- ❖ آمیخته آب و ریزه های باردار قیر (کوچک تر از 0.001_{mm})
- ❖ هنگام کاربرد گرم کردن نیاز نیست.
- ❖ هنگام کاربرد، خشک بودن سنگدانه ها بایسته نیست.
- ❖ با جذب، تبخیر و روان شدن آب، دانه‌های قیر به سنگدانه‌ها می‌چسبند.
- ❖ فرآوری آسفالت سرد
- ❖ لکه‌گیری چاله‌های راه
- ❖ زمین گیرکردن ماسه‌های روان، در کویرها

گونه‌های امولسیون قیر:

۱-۱) R.S (Rapid Setting) (زود شکن) برای روکاری، لکه‌گیری و اندود کردن بتن تازه تا آب آن نپرد. دانه‌های قیر بار مثبت دارند و بی‌درنگ به دانه‌ها می‌چسبند.

۱-۲) M.S (Medium Setting) (کندشکن)

۱-۳) S.S (Slow Setting) (دیرشکن) دانه‌های قیر بار منفی دارند و از این رو پیش از جذب وتبخیر آب به دانه‌ها نمی‌چسبند و با آب باران روان می‌شوند.

۲) قیر محلول:

- ❖ قیر وارفته در مواد نفتی
- ❖ آسفالت روکش
- ❖ آسفالت سرد
- ❖ زمین‌گیر کردن ماسه‌های روان
- ❖ هنگام کاربرد گرم کردن نیاز نیست.

گونه‌های قیر محلول:

۲-۱) زودگیر R.C Rapid Curing (حلال بنزین)

۲-۲) کندگیر M.C Medium Curing (حلال نفت سفید)

۲-۳) دیرگیر S.C Slow Curing (حلال نفت سیاه)

- ❖ پس از کاربرد، حلال می‌پرد و قیر روی دانه‌ها می‌ماند و آنها را به هم می‌چسباند.
- ❖ سنگدانه‌ها بایستی خشک باشند.

چند ویژگی قیر:

۱) درجه الو گرفتن (Flash point):

دمائی که در آن دما از قیر به اندازه‌ای گاز برمی‌خیزد که با نزدیک شدن به آتش، الو می‌گیرد.(شعله ور شود)

۲) درجه نفوذ (Penetration point):

ابزاری سوزنی شکل که 100_{gr} سنگینی دارد، 5 ثانیه بر روی قیر $25°$، گذاشته می‌شود و هر 0.1_{mm} خلیدن (نفوذ) آن، یک درجه نفوذ به شمار می‌آید.

درجه نفوذ کمتر از 50 ← قیر سخت

درجه نفوذ 50 تا 80 ← قیر سفت

درجه نفوذ 80 تا 150 ← قیر موسان (خمیر)

درجه نفوذ 150 تا 210 ← قیر شل

درجه نفوذ بیشتر از 210 ← قیر روان

۳) درجه نرمی (Saftening point):

دمائی است که در آن دما گلوله‌ای با سنگینی 3.5_{gr} از لایه‌ای قیر، بگذرد. هرچه درجه نرمی بیشتر باشد، قیر در دماهای بالا پایدار می‌ماند.

۴) درجه شکستن:

بر روی ورق فلزی فنری ($2\times4_{cm}$) 1.5_{mm} قیر مالیده می‌شود و هم‌گام با کاهش دما، ورق فلزی خم و راست می‌گردد تا ترک بخورد. دمائی که ترک خوردگی پدید می‌آورد درجه شکستن قیر نامیده می‌شود. در جاهای سرد سیر از قیر بهره می‌برند که درجه شکستن آن کمتر باشد.

نکاتی در مورد قیر:

- ❖ قیر به سنگدانه‌های تر، پر گرد و غبار و شیشه‌ای نمی‌چسبد.
- ❖ قیر داغ، در منافذ سنگدانه‌ها بهتر می‌خلد (نفوذ می‌کند)
- ❖ با گذر زمان قیر اکسیده می‌شود و شکننده می‌گردد و از سنگدانه‌ها جدا می‌شود.
- ❖ قیر هر چه پارفین کمتری داشته باشد، دیرتر شکننده می‌گردد.
- ❖ قطران پس از پالایش می‌تواند در فرآوری آسفالت و قیر آجین کردن چوب (خلاندن قیر در چوب) بهره برد.

گاز قطران + کک ⟶ گرما + زغال سنگ

قطران (Goudron) ⟶ سرما + گاز قطران

چوب:

- ❖ کار کردن با آن آسان است.
- ❖ گرما و صدا از آن نمی‌گذرد.
- ❖ رگه های زیبا دارد و رنگ پذیر است.
- ❖ می‌سوزد، می‌پوسد، کم‌تاب است و کپک (کفک) می‌زند.

کاربردهای ساختمانی:

۱) تیر
۲) ستون
۳) شمع
۴) خرپا
۵) قاب
۶) چوب بست
۷) درب و پنجره
۸) گنجه و مبل
۹) کف پوش

ناخوشی های چوب:

۱) گره‌ها (در جای رستن شاخه از تنه، پدید می‌آید.)
۲) پیچ خوردگی (در اثر تابش یک سویه آفتاب یا وزش یک سویه باد)
۳) ماندن تنه درخت بریده شده در طبیعت که رشد قارچ و خوردگی با حشرات را در پی دارد.
۴) ماندن پوست بر روی تنه که رشد قارچ و رشد قارچ و خوردگی با حشرات را در پی دارد.
۵) یک سویه خشکیدن، که چوب را تاب می‌دهد.
۶) موریانه خور شدن

- ❖ چوب‌های برش بهاره و چوب‌های درخت میوه پرشیره هستند و بیشتر موریانه خور می‌شوند.

فرآوری و بهسازی چوب:

۱) پدید آوردن مکش و فشار بر روی چوب و درآوردن شیره آن و خلاندن قطران به جای آن‌ها

۲) اندود سرو ته چوب با قیر یا رنگ

۳) رو سوز کردن چوب

۴) رها کردن در محیط کار و پس از چندی رنده و اره کردن، تا چوب تاب بر ندارد.

۵) خیساندن چوب در محلول‌های پنتا کلرو فنول، تانالیت، سلکور، کمونایت و بولیدین

نام چوب	نام لاتین	ویژگی ها
زبان‌گنجشک	Ash	سخت، سنگین و فنری است و میخ در آن به سختی فرومی‌رود. گونه قهوه‌ای آن برای آرایه بسیار زیباست.
سدر	Cedar	سبک، کم‌تاب و نرم است و رنگ پذیر می‌باشد و کمتر پوسیده می‌شود.
عرعر	Guniper	بوی تندی دارد وحشرات را از خود می‌راند و در برابر پوسیدگی پرتاب است.
سروناز	Cypress	در تماس با زمین، پرتاب است. رنگ نمی‌پذیرد و برای هوای آزاد پرتاب و زیباست.
شوکران	Hemlock	شکننده و کم‌تاب است و برای روکش ارزان بکار می‌رود.
اقاقیا	Locust	سنگین و سخت و پرتاب است و در تیر برق و ستون ساختمان بکار می‌رود.
افرا	Maple	سنگین و پرتاب است و برای پوشش زمینه (کف) ساختمان‌های چوبی بکار می‌رود.
بلوت	oak	سنگین و پرتاب است و در برابر پوسیدگی نیز پرتاب می‌باشد و از بهترین چوب‌ها ساختمانی است.
کاج	Pine	سبک و پرتاب است، کارائی خوبی دارد، تراشکاری می‌شود و رنگ می‌پذیرد.
سپیدار (بید – تبریزی)	poplar	فراوان، ارزان، سفید و سبک است. در کاغذ سازی کاربرد دارد (qovax)
گردو	Walnut	سنگین و پرتاب و زیباست و برای نرده، گنجه و مبل کاربرد دارد.

فرآوری‌های چوبی:

۱) چیده تخته (Laminated Board):

تخته‌های نازک با چسب و زیر فشار به هم چسبانده می‌شوند و به درازا، پهنا، بلندی و افکنه (طرح) دلخواه رسانده می‌شوند. از چیده تخته برای خرپاهای تا دهانه ۳۰ متری و تیر های کمانی تا دهانه ۶۰ متر بهره‌برد.

۲) تخته چند لا (Poly Wood):

برگه‌های نازک تراش شده را با چسب و زیر فشار به هم می‌چسبانند. شمار لا ها ۳ و۵ و۷ و...
الیاف عمود بر هم هستند و در قاب و گنجه و میز و درب کاربرد دارند.

۳) چوب تخته (Board):

۳-۱) نرم تخته (فیبر) Fiber Board ← جدا کننده و آکوستیک
۳-۲) سخت تخته Hard Board ← رویه گنجه و میز
۳-۳) ریزه تخته (نئوپان) Chip Board ← تخته ساختگی

نوئوپان با روکش چوبی، پلاستیکی و ملامینه (فرمیکا) نیز ساخته می‌شود و رویه نئوپان را زیبا و رنگ پذیر و صاف می‌نماید.

❖ تاب کششی و فشاری چوب در راستای الیاف بیشتر است.

شیشه (Glass):

ویژگی‌ها:

- ❖ سوگذران
- ❖ پشت پیدا
- ❖ پایدار در برابر برف و باران و باد و سرما و جانوران ریز
- ❖ ارزان

شیوه ساخت:

$$\text{شیشه} \xrightarrow[1500^\circ]{} \text{شیشه خرده} + \underbrace{\text{کلسیم کربنات}}_{CaCO_3} + \underbrace{\text{کربنات سدیم یا پتاسیم}}_{\substack{Na_2CO_3\ (Na_2O) \\ K_2CO_3\ (K_2O) \\ Na_2SO_4\ (Na_2O) \\ 15\%}} + \underbrace{\text{سلیس}}_{\substack{SiO_2 \\ 75\%}}$$

- ❖ اگر به جای CaO از Pb_3O_4 یا Pbo بهره برده شود، شیشه بلور بدست می‌آید.

فرآورده‌های شیشه‌ای:

۱) شیشه جام (:transparent glass)

- ❖ برای پنجره
- ❖ پشت پیدا

۲) شیشه تار (obscured glass) (مات) (mat):

- ❖ برای گرمابه و رختکن و ... (نور کمتری می‌گذرد)
- ❖ پاشش گرد سلیس بر روی شیشه داغ یا مالیدن اسید HF بر روی شیشه

۳) شیشه آجدار (مشجر) (stained glass):

- ❖ برای گرمابه و ...
- ❖ به هنگام نورد یک یا دو روی شیشه آجدار می‌شود.

۴) شیشه گرماگیر (endothermic) :

- ❖ برخی از پرتوهای خورشید از آن نمی‌گذرد. (پرتوهای زیر سرخ)
- ❖ به مواد خام آن اکسید آهن می‌زنند.
- ❖ در گرمسیر و در ساختمانهائی که نباید گرم شوند، کاربرد دارد.
- ❖ ساختمان‌های جنوب، سردخانه، انبار دارو

۵) شیشه بازتاب دهنده (reflector glass):

- ❖ بخشی از پرتوها را بازتاب می‌دهد. (گونه‌ای شیشه گرماگیر)
- ❖ روزها از بیرون و شب‌ها از درون ساختمان، مانند آبگینه (آینه) دیده می‌شود. درون ساختمان روزها دیده نمی‌شود.

۶) شیشه مسلح (reinforced glass):

- ❖ پایدار در برابر برخورد و ریزش
- ❖ به‌هنگام نورد، توری فلزی در درون آن جای می‌گیرد.

۷) شیشه ایمنی (safety glass):

- ❖ پایدار در برابر ریزش
- ❖ شیشه خودرو و شیشه ویترین (camaki)
- ❖ یک لایه چسب، دو لایه شیشه را به هم چسبانده و یک پارچه کرده است.

۸) شیشه رنگی (tinted glass):

- ❖ کارهای هنری
- ❖ برای رنگی کردن شیشه افزودن ترکیبات مس (سرخ)، کبالت (آبی)، آهن (قهوه‌ای) نیکل (بنفش) و کرم (سبز) به کوره شیشه گدازی

۹) شیشه پایدار در برابر گرما (pyrex):

- ❖ پایدار در برابر دگرشی‌های تند دما
- ❖ شیشه جلوی بخاری، اجاق گاز، ظروف آشپزخانه

۱۰) شیشه تنیده (شیشه آبدیده = سکوریت)(stressed glass):

- ❖ پایدار در برابر برخورد.
- ❖ ریزه‌های شکسته تیز نیستند.
- ❖ درب‌ها و جداکننده‌های شیشه‌ای
- ❖ شیشه به اندازه بایسته بریده می‌شود و سپس دو روی آن تا دمای سرخ شدن گرم و بی درنگ از کرانه‌ها تا میانه سرد می‌شود. با این کار در دو روی شیشه تنش فشاری پدید می‌آید که می‌تواند همه یا بخشی از تنش کششی پیش‌آمده از برخورد را برتابد. این گونه شیشه را نمی توان برش داد و بایستی به اندازه ساخته شود.

۱۱) شیشه ضدگلوله:

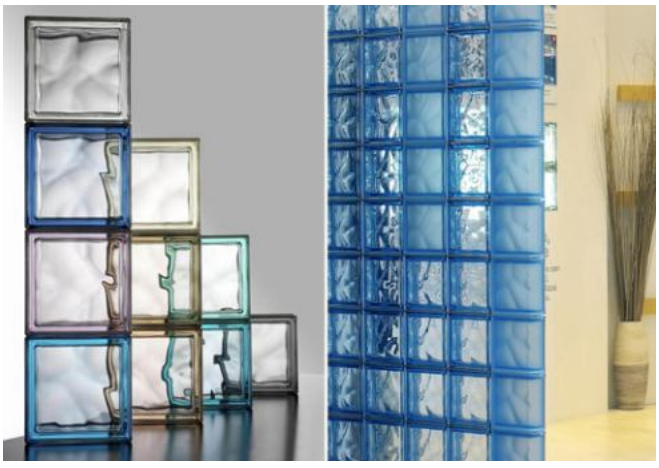
- ❖ گونه‌ای شیشه ایمنی است.
- ❖ چندین لایه شیشه تنیده با چسب به هم چسبانده می‌شوند، تا به کلفتی $30 \sim 60_{mm}$ برسند.

۱-۱۲) شیشه دو جداره (Double glass):

- ❖ عایق صدا و دما
- ❖ اتاق‌های صدا و سیما
- ❖ اتاق پاینده پرواز در فرودگاه
- ❖ میان دو شیشه پر از هوای خشک (بی نم) و بی گرد و غبار

۲-۱۲) بلوک توخالی شیشه (آجر شیشه‌ای) (Partition glass) :

- ❖ مانند بالائی
- ❖ دو نیمه بلوک
- ❖ بهم می‌چسبند
- ❖ نور رسانی و پخش نور
- ❖ نمای شیشه ای
- ❖ جداکننده



۱۳) کاشی شیشه‌ای (glass tile (20 × 20 × 3*cm*):

- ❖ نورگیری از پیاده‌رو به زیرزمین
- ❖ جایگذاری در قاب فلزی و با مواد قیری

۱۴) پشم شیشه (glass wool):

❖ با بهره‌مندی از نیروی گریز از مرکز، از شیشه گداخته تارهای بسیار نازکی با اندازه 0.005 تا $0.02mm$ می‌سازند و از در هم کوفتن آنها نمد شیشه‌ای با کلفتی 2.5 و $5cm$ فراهم می‌کنند و آن‌ها را در تور، کاغذ یا زربرگ می‌پیچند.

کاربرد:

❖ عایق دما (در پیرامون لوله ها و افزار گرماساز و سرماساز می‌پیچند.)

❖ فرآوری تیغه‌های گچی مسلح، سبک و عایق دما و صدا

❖ جایگذاری در میان رخت‌های زمستانی و کیسه خواب

۱۵) شیشه رشته‌ای (الیافی) fiberglass:

❖ رشته‌های پشم شیشه با پلاستیک گداخته آمیخته شده و از آن‌ها برگ‌های پلاستیکی نازک و سفتی فرآوری می‌شود که fiberglass نامیده می‌شوند. از این فرآورده در نورگیرهای بام، کارخانه و گلخانه بهره برده می‌شود. رشته‌های شیشه، در برابر کشش پرتاب هستند و این فرآورده را در برابر کشش و برخورد پایدار می‌کنند.

۱۶) کف شیشه‌ای (شیشه اسفنجی) foam glass:

❖ خرده شیشه + مواد کف‌زا (گرافیت) $\xrightarrow[\text{دما}}$ کف شیشه

❖ کف شیشه در قالب ریخته می‌شود از آن بلوک و صفحه پدید می‌آید ($0.2 t/m^3$)

کاربرد:

❖ عایق دما و صدا

❖ بسته‌بندی

❖ نما (همراه رویه سرامیکی، پلاستیکی و فلزی)

۱۷) آب شیشه (water glass):

❖ شیشه‌ای که در ساخت آن آهک بکار برده نشده است، پس از گداختن، به درون بخار آب فشرده می‌شود و در آن وا می‌رود (حل می‌شود) و آب شیشه را پدید می‌آورد. K_2SiO_3 یا Ba_2SiO_3

کاربرد:

❖ آغشتن پوشال و تراشه چوب و نسوز، نپوس کردن آنها برای بکار بردن در بتن سبک.

❖ آغشتن چوب و نسوز و نپوس کردن آنها برای بکار بردن در سازه‌های چوبی

❖ مالیدن بر روی بتن تازه گرفته و جلوگیری از نشت و تراوش آب

❖ سلیکات کلسیم (پرکننده پوکی‌ها)→ آهک آزاد سیمان + آب شیشه

فلز (Metal):

برخی برای کاستن از هزینه خدمات شهری (کابل، لوله، خیابان، نگهداری، ...) افزودن به بلندی ساختمان‌ها را پیشنهاد می‌کنند و این کار با بهره‌مندی از فلز شدنی است.

گونه‌های فلز:

۱) آهن (Iron):

آهن خام $\xrightarrow[1650^\circ]{}$ سنگ آهک + کک زغال سنگ + سنگ آهن

۱-۱) فولاد کم کربن (نرمه) ← 0.09% تا 0.25% کربن

۱-۲) فولاد میانه کربن ← 0.25% تا 0.55% کربن

۱-۳) فولاد بیش کربن (خشکه) ← % 0.55 تا 1.2% کربن

فولاد (Steel) درسازه‌های مسلح و سازه‌های فولادی کاربرد دارد و با شکل های گوناگون نورد می‌شود.

- ❖ تیرآهن
- ❖ سپر
- ❖ نبشی
- ❖ قوطی
- ❖ لوله
- ❖ میلگرد (آرماتور – bar)
- ❖ ورق
- ❖ ناودانی

فولاد ساختمانی با نمادی که نشانگر تاب کششی (Tensile strength) آن است، نمایانده می‌شود.
همانند St37 (فولادی با تاب کششی $37\ Kg/mm^2 = 3700\ Kg/cm^2$)

۴-۱) چدن (Cast iron):

چدن 3% تا 4% کربن دارد و از این رو، هرچند که تاب فشاری بیشتری دارد، ولی شکننده است و زنگ هم نمی‌زند.

کاربرد چدن:

۱) لوله پس آب (فاضلاب)

۲) پره‌های دیگ

۳) پره‌های رادیاتور

۴) درب منهول (manhole) (دریچه آدم رو)

- ❖ با افزایش کربن فولاد، نرمی آن کم و سختی و شکنندگی افزایش می‌یابد و فولاد در برابر دما و سایش پرتاب می‌گردد.
- ❖ با افزایش کرم، فولاد در برابر خورندگی، سایش و دما پرتاب می‌گردد.
- ❖ با افزودن فسفر، نیکل به فولاد، فولاد زنگ نزن(Stainless steel) به دست می‌آید.

۲) آلومینیم (Aluminium):

ویژگی‌ها:

- ❖ نرم
- ❖ سبک
- ❖ ساب پذیر
- ❖ شکل پذیر
- ❖ پایدار در برابر خورندگی

$\gamma = 2.7 \frac{gr}{cm^3}$ $\propto = 0.024 \frac{mm}{m \times ℃}$ دو برابر آهن

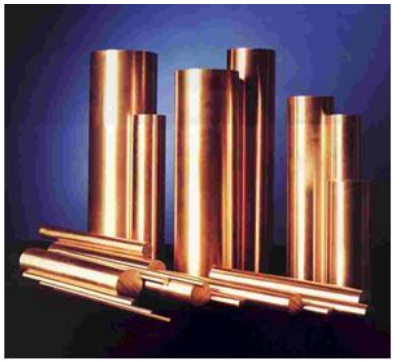
- ❖ زودگداز $(\theta = 660°)$
- ❖ همراه با آهک برای پوک کردن بتن، گاز که بتن را پوک می‌کند.

$$2Al + 3Ca(OH)_2 \rightarrow \underbrace{Al_2O_3.3Ca}_{\text{آلومینات کلسیم}} + 3H_2$$

کاربرد:

- ❖ درب
- ❖ پنجره
- ❖ نما
- ❖ آرایه (زینت)(چوب پرده، دستگیره، جداکننده)

۳) مس (Copper):



ویژگی‌ها:

- ❖ نرم
- ❖ ساب پذیر (شکل پذیر)
- ❖ رسانا

کاربرد:

- ❖ مس سره در فرآوری سیم برق و لوله مسی کاربرد دارد و از همجوش (آلیاژ) مس در آرایه‌های ساختمان بهره می‌برند.

همجوش‌های مس:

۱) مس + روی ← برنج

۲) مس + روی + نیکل ← ورشو

۳) مس + روی + قلع ← مفرغ

۴) مس + قلع ← برنز

۴) سرب (Lead):

ویژگی‌ها:

- ❖ بسیار نرم
- ❖ زود گداز ($\theta = 327^{\circ}$)
- ❖ در اسید نیتریک وا می‌رود.
- ❖ اسید فولوریدریک (HF) را در آن نگه می‌دارند.
- ❖ $\gamma = 11.4 \frac{gr}{cm^3}$

کاربرد:

- آب بندی لوله‌های چدنی
- درب‌های اتاق پرتو نگاری (اشعه X)
- جلوگیری از پخش پرتوهای رادیواکتیو
- تراز کردن تکیه گاه خرپاها و تیرها

۵) قلع (Tin):

ویژگی‌ها:

- زود گداز $(\theta = 220°)$ $\gamma = 7.4 \frac{gr}{cm^3}$
- پایدار در برابر خورندگی آب و هوا
- نقره‌ای

کاربرد:

- قلع اندود کردن
- لوله، ورق، پیچ و مس

جوشکاری:

برای پیوند دو فلز به هم یا دوتکه از یک فلز به هم، از پیچ و پرچ جوش بهره می‌برند.

- ❖ جوشکاری با برق متناوب (برق شهر):

با یاری ترانس جوشکاری، اختلاف پتانسیل را کم و شدت جریان را می‌افزایند.

- ❖ جوشکاری با برق متوالی (برق مستقیم):

با موتور سیار جوشکاری برق مستقیم تولید می‌کنند یا برق شهر را با Rectifier به برق مستقیم تبدیل می‌نمایند.

- ❖ جوشکاری با برق مستقیم، بهتر، تو پرتر و پر تاب‌تر است.

الکترود جوشکاری:

۱) فلز:

- ❖ بیشتر به قطر 2 تا 6_{mm}
- ❖ سازگار با فلزهای پیوند یابنده
- ❖ گدازش آسان و زود
- ❖ پس از گدازش روان شود و نماسد.
- ❖ با هوا و آلودگی‌های پیرامون ترکیب بدخیم نداشته باشد.
- ❖ زود زنگ نزند.

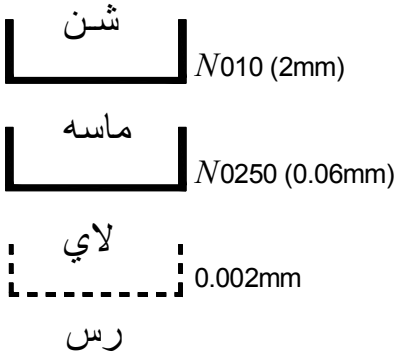
۲) پوشش روی فلز (گل):

- ❖ هم زمان با فلز الکترود بگدازد.
- ❖ روی حوضه جوش را بی‌درنگ بپوشاند تا اکسیژن به جوش نرسد.
- ❖ گاز تولید کرده و هوا را از حوضه جوش پس بزند.
- ❖ روی جوش را بپوشاند و جلوی سرد شدن تند را بگیرد.
- ❖ از فلز الکترود سبک‌تر باشد و روی جوش جای گیرد و با جوش در نیامیزد.
- ❖ پس از سرد شدن به آسانی از جوش جدا شود تا جوش رنگ شود یا بر روی آن یک بار دیگر، جوشکاری انجام گیرد.

خاک:

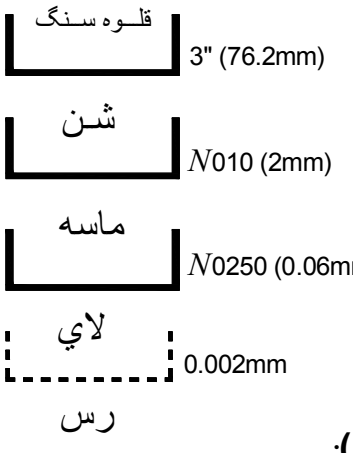
رده‌بندی ASTM (American society for testing and materials)

❖ شن 2*mm* (No_{10}) > ماسه 0.06 (No_{250}) > لای 0.002 > رس



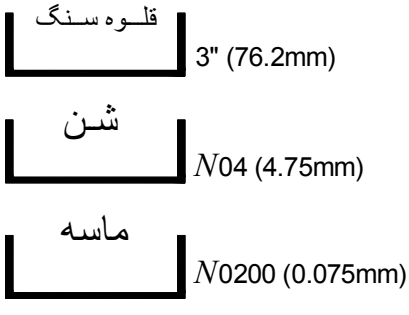
رده‌بندی AASHTO(American Association of state Highway and Trans portation officials)

❖ قلوه‌سنگ(Cobble) > 76.2*mm* > شن(Gravel) > 2*mm* > مـاسه(Sand) > 0.075 (No_{200}) > لای0.002(silt) > رس (Clay)



رده‌بندی USCS (unified soil classification system):

❖ قلوه سنگ > 76.2*mm* > شن > 4.75 (No_4) > ماسه > 0.075 > لای و رس



۱) قلوه سنگ:

- ❖ زهکشی (drainage)
- ❖ بلوکاژ (blockage)
- ❖ بتن گنده (حجیم) (mass concrete)
- ❖ بتن غلتک خورده R.C.C (Roller Compacted Concrete)

۲) شن:

- ❖ بتن
- ❖ بتن آسفالتی (آسفالت) Asphalt concrete
- ❖ زهکشی
- ❖ رویه شنی (gravel pavement – gravel jacket)

سنگ شایسته برای فراهم کردن شن شکسته:

- ❖ بی‌رگه، یکدست، پوکی کم، تاب فشاری و سایشی بیشتر، $\gamma > 1.5\ {}^{gr}/_{cm^3}$
- ❖ در برابر یخزدگی پایدار
- ❖ نداشتن ترکیبات شیمیائی آسیب‌زننده به بتن و میلگرد
- ❖ آبمکی چشمگیر (بیشینه 8%)

۳) ماسه:

- ملات (mortar)
- بتن
- بتن آسفالتی
- صافی (filter)
- زنگ‌زدائی با ماسه‌پاشی (sandblasting)
- ماسه درشت دانه و ماسه شکسته برای ملات شایسته نیستند. چون ملات آسان مالیده نمی‌شود.
- ماسه شکسته، آسفالت را زبر و فاصله ترمزگیری را کم می‌کند.
- ماسه رس‌دار برای ملات شایسته نیست. چون رس، هر چند که 3 تا 4% باشد، پیرامون ماسه‌ها را گرفته و از آغشتن آن‌ها با ژل سیمان جلوگیری می‌کند. از آنجا که رس آبمکی بیشتری دارد، آب ملات را مکیده و آب خودگیری سیمان را می‌کاهد و ملات پرتاب نمی‌شود.
- ماسه آمیخته با زغال، تراشه چوب، سِرگین (فضولات) و لاشه جانوران برای کارهای ساختمانی شایسته نیست.

۴) رس:

- گل آب (گل حفاری) Mud – Slurry
- هسته رسی clay core
- پوشش رسی Clay Blanket
- کاه‌گل thatch – mud straw Mixture
- آجر، سفال، کاشی سفالی و سرامیک
- خاک نسوز $45\% < Al_2O_3 < 56\%$
- خاک رس که دارای ترکیبات Al_2O_3 و SiO_2 است در ترکیب با مواد دیگر برای ساخت آجر نسوز بکار می‌رود. هرچه Al_2O_3 بیشتر باشد، دمای گدازش (ذوب) بالا می‌رود.

کاربرد آجر نسوز:

- ❖ دورن شومینه (شمینه)
- ❖ درون دیگ بخار
- ❖ درون کوره پسماند سوزی (زباله سوزی)
- ❖ درون کوره‌های فلز گدازی و ...

۵) آمیخته قلوه سنگ و شن و ماسه و رس (خاک درشت دانه) Aggregate mixture:

- ❖ سدسازی
- ❖ راهسازی
- ❖ کانال‌سازی
- ❖ محوطه‌سازی (Landscaping)
- ❖ خاک مسلح
- ❖ در این کارها خاک درشت دانه با غلتک در هم فشرده شده و پرتاب و باربر می‌شود.

سنگ (Rock):

❖ از آنجا که سنگ فراوان، پرتاب و زیباست، به‌گونه‌ای گسترده در ساختمان‌سازی بکار می‌رود. در زیر 100 متر، 95% سنگها، آذرین و 5% ته‌نشینی هستند و در بالای آن 25% سنگها آذرین و 75% ته‌نشینی می‌باشند. سنگ‌های آذرین یکپارچه و بی‌سنگواره (فسیل) هستند ولی سنگ‌های ته‌نشینی رگه‌دار و سنگواره‌دار هستند و در سنجش با سنگ‌های آذرین سست می‌باشند.

۱) گرانیت:

❖ نمای درونی و بیرونی، زمینه (کف) و پله، پیکرتراشی

❖ تاب فشاری و سایشی بیشتر

❖ در آب و هوای نمناک فرسوده می‌شود.

❖ بودن پیریت (FeS_2) در آن، آنرا کم ارزش می‌کند.

۲) سینیت:

❖ همانند گرانیت با اندکی کاستی در تاب فشاری و سایشی

۳) دیوریت:

❖ پرتاب است و در دیوارهای سنگی بکار می‌رود.

۴) گابرو:

❖ زمینه، پله، دیوارهای سنگی، سنگفرش، ballast راه‌آهن

۵) ریولیت:

❖ زمینه، پله، دیوارهای سنگی، آراینده‌های سنگی

۶) آندزیت:

❖ زمینه، ballast، نما، پل

❖ در برابر فشار و برخورد پرتاب است.

۷) بازالت:

❖ سنگفرش، دیوار، پل، ballast

۸) سنگ پا:(Pumice)

❖ فرآوری شن شکسته که در بتن سبک بکار می‌رود.

۹) ماسه سنگ (sand stone):

❖ دیوارهای سنگی، پل، زیر پی

۱۰) سنگ آهک:(lime stone)

❖ در دیواره دودکش و کوره تجزیه می‌شود.

❖ دیوارهای سنگی، پل، زیر پی

۱۱) دولومیت:

❖ دیوار سنگی، زیر پی

۱۲) شیست:

❖ سست و برگ برگ، پوشش زمینه (کف) در ساختمان‌های کم‌ارج

۱۳) کوارتزیت:

❖ بسیار پرتاب در برابر فشار ($4000 kg/cm^2$) پل‌سازی، نسوز

۱۴) مرمر (marble):

❖ زمینه و پله و نما (در درون ساختمان)، آرایه

۱۵) تراورتن:

❖ زمینه و نما (در هوای ناآلوده)

ویژگی‌های سنگ‌های ساختمانی:

۱) آبمکی: تا به ملات بچسبد و از آن رها نشود. نباید بیشتر از 8% آبمکی داشته باشد.

۲) بی‌رگه و بی‌حفره باشد.

۳) به هنگام برخورد صدای زنگ بدهد.

۴) برش پذیر و ساب پذیر باشد.

۵) رنگ پایا (ثابت) داشته‌باشد.

۶) سنگ نما در برابر هوا و یخبندان پایدار باشد.

۷) سنگ زمینه در برابر فشار و سایش پایدار باشد.

۸) سنگ دیوار در برابر فشار و یخبندان و هوا پایدار باشد.

۹) سنگ پایه پل در برابر فشار، سایش، یخبندان و هوازدگی پایدار باشد.

رده‌بندی شکلی سنگ‌های:

۱) سنگ لاشه:

- ❖ برای زیر پی و پشت دیوار های سنگی
- ❖ کار ویژه‌ای بر روی سنگ انجام نمی‌گیرد و تنها با اندازه‌هائی شکسته می‌شود که کارگر بتواند آن را بردارد و کار گذارد.

۲) سنگ قواره:

- ❖ پیرامون و گوشه‌های آن پتک کاری شده و به شکل دلخواه در آمده.

۳) سنگ بادبر (مالون):

- ❖ یک بر آن چکش‌کاری شده و نما پیدا کرده است.
- ❖ سنگ سرتراش و بادکوبه‌ای هم گفته می‌شود.

۴) سنگ تیشه‌ای:

❖ یک بر آن با کوبش‌های پی‌درپی تیشه صاف شده‌است.

❖ در برخوردگاه دیوار خارجی ساختمان و زمین کار گذاشته می‌شود. سنگ پایین (سنگ ازاره)

۵) سنگ پلاک:

❖ با ستبرای یکنواخت برش می‌خورد.

❖ زمینه سرسرا، آشپزخانه، گرمابه، دستشوئی

❖ نمای درونی و بیرونی

❖ پله (زمینه، پیشانی، قرنیز، پاگرد)

❖ ازاره: تیره باشد تاچرکی نشود. (به بلندی 40_{cm})

❖ قرنیز: در برخودگاه دیوار داخلی و زمینه

- به بلندی 10_{cm}
- پاکیزه ماندن دیوار در هنگام رفت و روب
- پایداری دیوار در برابر کوبه‌های جارو
- هم‌باد دیوار باشد تا گرد و غبار نگیرد.
- همراه چفت باشد تا زیبا دیده شود.

۶) پاره سنگ‌های داغان (Rip-Rap):

❖ بالا دست سد خاکی

❖ پایدارکردن کرانه رودخانه و دریا

❖ گذرگاه پس از حوضچه آرامش

۷) سنگریزهای داغان (ballast):

❖ زیر ریل راه‌آهن

آجر (Brick) (آگور یونانی):

❖ آجر گونه‌ای سنگ ساختگی است که از خاک رس‌دار پخته می‌شود. امروزه آجرهای آهکی و سیمانی نیز، اندکی فرآوری می‌شوند که نیازی به پختن ندارند.

ریزه‌های (اجزاء) خاک آجر:

۱) رس:

❖ رس پس از آبمکی مومسان می‌گردد و به شکل‌دهی آجر کمک می‌کند و پس از پختن، ریزه‌های دیگر آجر را بهم می‌چسباند. رس بیشتر، آجر را به‌هنگام خشکیدن، ترک می‌دهد.

۲) ماسه:

❖ ماسه استخوان‌بندی آجر را پدید می‌آورد و اگر بهینه نباشد آن را کم تاب می‌کند. دانه‌های درشت‌تر از ماسه، به‌هنگام پختن، آجر را چاک می‌دهد.

۳) سنگ آهک:($CaCO_3$)

❖ 30% ، به‌گونه گرد سنگ، بهینه و بایسته است و در دماهای بالا همراه با سلیس، موجود در ماسه، سلیکات کلسیم می‌دهد.

❖ بیشتر از 30%، آجر را آبله‌گون می‌کند.

❖ آهک گدازآور است و هرچه بیشتر باشد، آجر در دمای پخت کمتری مومسان می‌شود و ریخت آن بهم می‌خورد.

❖ کلوخه‌های درشت آهک، آجر را چاک می‌دهد. آلوئک (پُکیدن آجر)

❖ برای این آجر در درون دیوار نپُکد، آن‌ها را پیش از کاربرد در آب رها می‌کنند.

۴) سولفات ($FeSO_4$ یا $CaSO_4$ یا ...)

- ❖ 1% روا
- ❖ شکفتن و خوردگی درونی $CaSO_4 \rightarrow CaO + SO_3$
- ❖ (شکفتن) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- ❖ خوردگی درونی آجر SO_3 (مانده در حفره‌ها) $+ HO_2 \rightarrow H_2SO_4$

۵) کلروها (KCl , NaCl):

- ❖ 0.6% روا
- ❖ در آب وا می‌روند و از آجر رو می‌زنند و سفیدک پدید می‌آورند.

۶) فلداسپات:

- ❖ دمای مومسان شدن آجر را پایین می‌آورد و پخت را ارزان می‌نماید.

۷) رُستنی‌ها:

- ❖ در کوره می‌سوزند و آجر را پوک می‌کنند. برای پوک کردن آجر می‌توان به خاک آن کاه و خاک اره افزود و در گرمابندی و صدابندی آن را بکار برد.

- ❖ AL_2O_3 (بخشی از رس) 12% تا 17% بهینه و بایسته است و بیشتر آن، به‌هنگام خشکیدن ترک خوردگی پدید می‌آورد.
- ❖ نمک‌های وارونده در آب، مانند کربناتها، سولفاتها، نیترات‌ها و کلرورها با خلیدن آب باران دارای Co_2، وا می‌روند و با تبخیر آب، رو می‌زنند و روی آجر را با سفیدک پر می‌کنند. با گذر زمان، این نمک‌ها وارفته و کم می‌شوند و آجر نیز سفیدک نمی‌زند.

کاربردهای آجر:

۱) نما:

- با ستبرای 3 ,4 و 5cm و به‌گونه آجر یا پلاک آجر مانند
- گاهی آجر نما را رویه (لعاب)دار می‌سازند تا در برابر خورندگی پایدار باشد. رویه در دمای پخت آجر می‌گدازد و شیشه‌ای می‌گردد و یک لایه سخت و ناتراوا در روی آجر پدید می‌آورد.

۲) دیوار:

- آجرهای توپر و سوراخدار برای دیوارهای باربر و جداکننده (ناپسنداز نظر افزایش جرم ساختمان)
- آجرهای میان تهی (مُجَوّف) برای دیوارهای جداکننده (توخالی = کاواک)

۳) زمینه (کف):

- آجر زمینه امروزه چندان کاربرد ندارد
- پوشش زمینه حیاط، سرسرا و ...
- (5cm × 40 × 40 قذاقی)
- (5cm و 4 × 20 × 20 ختائی)

۴) آسمانه (سقف):

- تاق
- تیرچه و بلوک

گونه‌های آجر:

۱) آجر فشاری:

- ❖ باربر، ارزان، سنگین، دستی
- ❖ اندازه‌های یک دست و به سامان (استاندارد) ندارد.

۲) آجر سفالی سوراخ‌دار (آجر ماشینی):

- ❖ باربر، پخته‌تر، سخت‌تر، سبک‌تر از فشاری
- ❖ اندازه‌های به سامان دارد.

۳) آجر سفالی میان تهی:

- ❖ باربر نیست، سبک، سخت، گرماگیر، صداگیر
- ❖ خیز موئینگی (صعود کاپیلاری) ندارد.
- ❖ ماشینی و اندازه‌ها به سامان

۴) آجر جوش:

- ❖ در کوره بیشتر نگه داشته می‌شود تا بی آنکه گداخته (ذوب) شود، اندکی رویه دانه‌ها عرق کند تا خوب به هم بچسبند و روی آجر شیشه‌ای شود.
- ❖ یکپارچه، سخت، سایش ناپذیر، پایدار در برابر اسید و باز و یخبندان
- ❖ آبمکی کمتر (به ملات خوب نمی‌چسبد)
- ❖ زمینه، سرچاه، پوشش کرانه‌های گندآب رو (فاضلاب)
- ❖ خاک آن اکسیدآهن بیشتری دارد.
- ❖ در دیوار و تاق بکار نمی‌رود.

۵) آجر رویه‌دار (لعابی):

❖ به روی آن رویه (لعاب) زده شده و به‌هنگام پخت شیشه‌ای شده است.

❖ رویه ناتراوا، سایش ناپذیر، پایدار در برابر اسید و باز

❖ برای نما

۶) آجر ماسه آهکی:

❖ آمیخته ماسه، آهک و آب، قالب‌گیری شده و فشرده می‌شوند و سپس در زیر فشار بخارآب و دما، خودگیری کرده و سخت می‌شوند.

❖ سنگین، خیلی پرتاب، پایداری شیمیائی بیشتر

❖ بهینه برای دیوارهای زیرزمین و سرچاه

❖ فلزات را دچار خوردگی می‌کند.

ناخوشی‌های آجر

۱) آلوئک:

❖ $CaCO_3$ اگر به درشتی شن و درشت‌تر از آن، در درون آجر بماند، پس از پختن به CaO و پس از آبمکی به $Ca(OH)_2$ دگرش می‌یابد و پُکیدن آجر را پیش می‌آورد.

❖ برای دوری از این پدیده، بایستی خاک آجر را غربال کرد یا کلوخ و سنگ‌های آنرا آسیاب کرد.

۲) سفیدک (شوره):

❖ برخی از نمک‌های خاک آجر، در آب باران، وارفته و رو می‌زنند و پس از تبخیر آب، روی آجر سفیدک به جا می‌گذارند.

(۲-۱) سفیدک کربناتی:

❖ آجر، $Ca(OH)_2$ را همراه آب از ملات می‌مکد، که پس از گرفتن CO_2 هوا به $CaCO_3$ دگرش می‌یابد و روی آجر را سفید می‌کند.

❖ برای جلوگیری

- آجر زنجاب (سیر آب) شود تا آب ملات را نمکد.
- آب ملات آهک‌دار نباشد.
- خاک آجر بیش از اندازه آهک نداشته باشد.
- از برخورد آب باران با دیوار جلوگیری شود.

(۲-۲) سفیدک سولفاتی:

❖ از مکیدن آب ملات گچ

❖ آب ملات سولفاته

❖ برای جلوگیری، نباید در دیوارهائی که آب باران به آنها می‌زند، از ملات گچ بهره برده شود.

(۲-۳) سفیدک کلروری:

❖ خاک آجر کلرور دارد یا آب بکار رونده کلرور دارد.

❖ با آب شسته می‌شود.

❖ اگر برای زدودن سفید کلروری، از اسید HCl بهره می‌گیریم، بایستی دیوار آجری را با آب فراوان بشوئیم تا $CaCl_2$ روی آجرها نماند و سفیدک نزند.

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

(۴-۲) سفیدک نیتراتی:

- ❖ خاک آجر یا ماسه ملات نیترات دارد.
- ❖ گازهای نیتراتدار روی دیوار اثر می‌کنند و سفیدک به جای می‌گذارند.

$$CaCO_3 + 2NO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2$$

- ❖ دیوار با پهن، پیشاب یا مانده گیاهان پوسیده آلوده شده

ویژگی‌های آجر:

- ❖ پخته، یکپارچه و سخت
- ❖ صدای زنگ به‌هنگام به‌هم خوردن
- ❖ تاب فشاری بیشتر از $80kg/cm^2$
- ❖ آبمکی کمتر از 30% سنگینی (بیشینه اندازه روا)
- ❖ پایدار در برابر یخبندان
- ❖ به‌هنگام بارگیری و بارریزی شکستگی کمتر

نکاتی در مورد آجر:

- ❖ از پساب نباید برای گِل کردن خاک آجر بهره برده شود.
- ❖ آجرهای دستی (فشاری) آب بیشتری نیاز دارند و پس از خشکیدن پوک هستند و آبمکی بیشتری، در سنجش با آجر ماشینی دارند.
- ❖ در آجر رده یک، تاب فشاری $350kg/cm^2$ و آبمکی 15%
- ❖ در آجر رده دو، تاب فشاری $250kg/cm^2$ و آبمکی 16%
- ❖ در آجر رده سه، تاب فشاری $150kg/cm^2$ و آبمکی 18%
- ❖ اگر پیش از کاربرد، آجر گردگیری شود، به ملات بهتر می‌چسبد.
- ❖ برای سرراست و یکسان کردن آجرنما، آنرا برش داده و ساب می‌زنند.
- ❖ به‌هنگام پخت، خاک رس آجر بایستی مومسان (خمیر) شود و دیگر ریزه‌ها را به‌هم بچسباند ولی نباید شیشه‌ای گردد، چون آبمکی را کمتر می‌کند.
- ❖ آجر با آبمکی بالا، آب بایسته برای خودگیری ملات را کاهش می‌دهد.
- ❖ آجری که از خاک آهک‌دار، فرآوری می‌شود، زرد است و آنکه از خاک آهن‌دار فرآوری می‌شود، سرخ است.

کاشی (Tile):

- برای پوشش دیوار آشپزخانه، گرمابه و دستشوئی بکار می‌رود.
- در برابر سایش پایدارتر از آجر و ناپایدارتر از سرامیک است.
- آبمکی کمتر از آجر، بیشتر از سرامیک
- رویه‌ای شیشه‌ای دارد و در برابر اسید و باز پایدار است.
- پاک کردن آسان
- 20×20 ، 20×30 ، 10×20 ، $15\times 25cm$ و ...
- تاب فشاری $200kg/cm^2$، آبمکی 12~17%، ستبرا $6mm$

خاک کاشی:

- رس کائولین + 2% رس بنتونیت برای افزودن به شکل‌پذیری + گرد کوارتز (SiO_2)
- برای افزودن به تاب فشاری و افزایش دمای گداز تا بدنه کاشی شیشه‌ای نشود. کوارتز از ترک خوردن و درهم پیچیدن (اعوجاج) کاشی جلوگیری می‌کند.
- خاک کاشی ←قالب‌گیری ← خشکاندن ← پختن بدنه ← نگار زدن ← رویه (لعاب) زدن ← پخت بدنه و رویه تا رویه شیشه‌ای شود.
- در رویه از اکسیدهای قلیائی نیز بهره می‌برند تا دمای گداز پایین بیاید و در دمای پخت،تنها رویه شیشه‌ای گردد. رویه و بدنه کاشی باید در افزایش و کاهش دما، هم اندازه هم، گسترده یا ترنجیده شوند.

رویه کاشی:

- $NaCl$ ارزان، نازیبا، بی‌رنگ، برای تنبوشه (لوله سفالی) بهتر، ناتراوا
- $(PO_4)_2Ca_3$ سفید، زیبا، برای چینی
- ZnO_2 (اکسید قلع) سفید، زیبا
- PbO بی‌رنگ، برای خوانا و پیدا بودن نوشته و نگاره روی بدنه

کاشی سرامیکی (Ceramic Tile):

- ❖ کاشی زمینه (کف)
- ❖ پرتاب، سایش ناپذیر
- ❖ آبمکی 4%، ستبرا 10*mm*

کاربردهای نوین سرامیک:

فیوز، قالب، شیرآب، سمباده، تیزکنی، نسوز، تصفیه آب، کامپیوتر و کارد ...

- ❖ کاشی اگر به‌هنگام پخت، گوژ و کاو گردد و درهم بپیچد، کم ارزش می‌گردد.

ملات (ملاط) (mastic – paste – mortar):

ملات چسبی است که با آن سنگ و آجر و کاشی و ... به هم یا به دیگر بخش های ساختمان چسبانده می‌شود. ملات دارای دو بخش پرکننده (filler) و چسباننده (cement) است و بیشتر چسبانندههای آن ارزان و نهادی (طبیعی) هستند.

ویژگی‌ها:

- ❖ چسباننده پس از کاربرد، باگذر زمانی خود را گرفته و سفت، سخت، چسباننده و یکپارچه کننده می‌شود.
- ❖ موسان (شکل پذیر) ۱) برای اندودن دیوار
  ۲) برای مالیدن در میان رج آجرها
- ❖ نگهداری چسبانندگی تا پایان بهره‌مندی از ساختمان
- ❖ پایدار در برابر خوردندگی و فرسایندگی شوندهای پیرامونی (عوامل محیطی)
- ❖ شایندگی خلیدن (قابلیت نفوذ) در سنگ و آجر و کاشی
- ❖ پایدار در برابر نیروها

گونه‌های ملات:

۱) **ملات خاک رس (Clay mortar):**

برای چسباندن خشت‌های خام به همدیگر بکار می‌رفته و امروز نیز در روستاها هنوز کاربرد دارد.

۲) **ملات کاه‌گل (Mud straw mixture):**

هنوز هم در برخی روستاها برای اندودن، برون و درون دیوارها و پشت بام بکار می‌رود . (نمک زدن برای جلوگیری از یخ زدگی و رستن گیاهان)

۳) **ملات ساروج (Cement):**

گونه‌ای آهک آبی است که رفتاری نزدیک به سیمان دارد و پیش از این در اندود درون آب انبار و گرمابه کاربرد داشته است.

۴) **ملات گچ (Gypsum mortar)**:

- ❖ اندود دیوار درونی
- ❖ تاق آجری
- ❖ جایگذاری درب و پنجره و ...

۵) **ملات گچ و خاک (Gypsum – Clay mortar)**:

- ❖ اندود دیوارهای درونی
- ❖ ارزان
- ❖ کندگیر و کارآ
- ❖ در سرزمین‌های نمناک، پکنده

۶) **ملات آهک (Lime mortar)**:

- ❖ خاک و آهک
- ❖ ماسه و آهک
- ❖ پوساننده فلز و قیر گونی
- ❖ تا چند روز پس از کاربرد، بایستی ملات نمناک نگه داشته شود.
- ❖ آجر چینی
- ❖ سنگ چینی زیر پی
- ❖ شفته آهکی

۷) **ملات با تارد (حرامزاده) (Gauged mortar)**:

- ❖ آمیخته ماسه و سیمان ($150_{Kg/m^3}$ ~ 100) و آهک ($200_{Kg/m^3}$ ~ 150)
- ❖ می توان از ماسه نشسته و ارزان بهره برد.
- ❖ خورنده

۸) **ملات سیمان (Cement mortar):**

- ❖ از آمیختن ماسه شسته و سیمان، با نسبت حجمی ۵ به ۱ فرآوری می‌گردد. بهتر است آمیخته ماسه و سیمان، از یک سو با آب آمیخته شود و بکار رود. بهتر است به هنگام فرآوری ملات و از پدیده آوردن آبخوره خودداری شود، تا دانه‌های سیمان جابه‌جا نگردند.
- ❖ پرتاب
- ❖ سایش ناپذیر
- ❖ خورندگی ندارد
- ❖ آجر چینی
- ❖ کاشی‌کاری
- ❖ اندود دیوار، آسمانه (سقف)، بام و استخر
- ❖ در کارهای ارج دار و گسترده، بهتر است از ماشین ملات ساز (Mixer) یا از تشت‌های فلزی $2\times2_m$ بهره برده شود، تا سیمان از ماسه شسته نشود.

۹) **ملات روان (دوغاب) (Grout):**

آب + سیمان + ماسه ریز یا سلیس ← ناتراوا کردن سنگ بستر سد

آب + سیمان + ماسه ← چسباندن کاشی و سنگ به دیوار

۱۰) **ملات ماسه و سیمان با تور سیمی (Ferrocement):**

- ❖ نما
- ❖ پایدار کردن دامنه‌های ریزشی کوه و رویه گود برداری‌ها
- ❖ کارکردن حجم‌های درون تهی در میدان‌ها
- ❖ ساخت قایق‌های پایدار در برابر برخورد

۱۱) **ملات قیری (Tar mastic):**

- ❖ از آمیختن ماسه ریز یا گرد سنگ با امولسیون قیر یا قیر محلول فرآوری می‌گردد.

- ❖ ناتراوا
- ❖ پایدار در یخ زدگی
- ❖ شکل پذیر
- ❖ بند کشی در میان قطعه های بزرگ بتنی
- ❖ پرکردن چاله های راه
- ❖ روکش کردن آسفالت

آسفالت (Asphalt concrete):

ویژگی‌ها:

- ❖ باربر
- ❖ پایدار در برابر سایش
- ❖ پایداردر برابر یخ زدگی
- ❖ ناتراوا
- ❖ شکل پذیر و پایدار در برابر بارهای پی‌درپی
- ❖ فرآوری آسان

کاربردها:

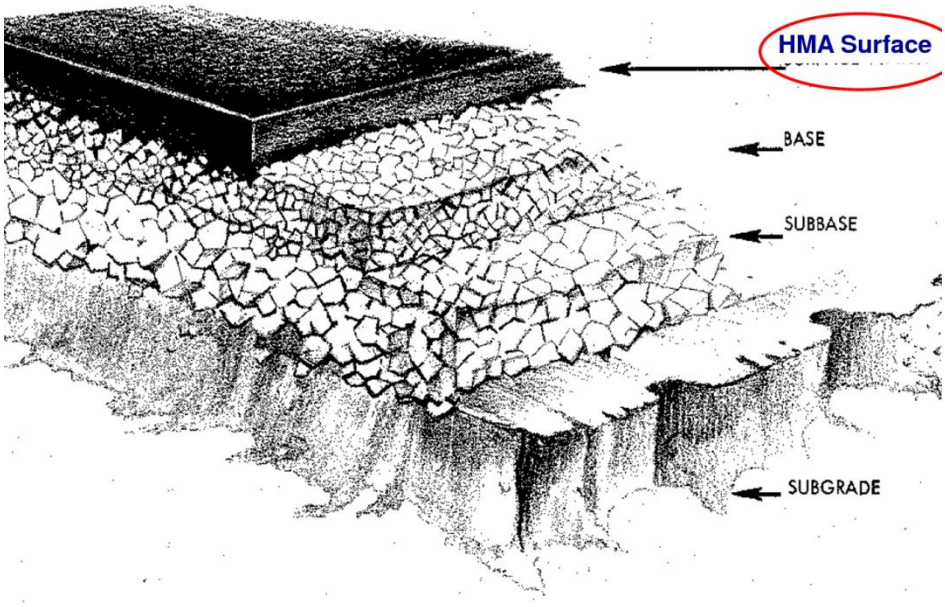
۱) رویه راه و فرودگاه و گذر گاه و بام (Pavement)

۲) لایه اساس راه (Base course)

۳) لایه زیر اساس راه (Subbase course)

۴) هسته ناتراوا بندآب‌های (سد) خاکی و سنگی در جاهائی که رس نایاب است یا دشوار در هم فشرده می‌شود.

❖ لایه اساس و زیر اساس از خاک درشت دانه غلتک خورده، ساخته می‌شوند و در جاهائی که خاک بهینه در دسترس نباشد یا بخواهیم کلفتی آن ها را کاهش دهیم از بتن یا بتن قیری (آسفالت) نیز بهره می‌برند.



شیوه فرآوری:

۱) آمیختن شن و ماسه گرد سنگ (پر کننده - filler) و گرم کردن آن ها تا $170°$

۲) پاشش قیر داغ ($130° \sim 170°$) بر روی دانه‌ها و آمیختن آن ها

شیوه بهره‌مندی:

- ❖ زدودن از هر گونه لقی و خس و خاشاک
- ❖ پاشش قیر شل بر روی راه (road oil)
- ❖ پخش آسفالت با پهنا و ستبرای بایسته با بهره‌مندی از ماشین (finisher) $min120°$
- ❖ غلتک زنی با غلتک چرخ فولادی $min120°$
- ❖ غلتک زنی با غلتک چرخ لاستیکی $min70°$

یک نمونه بهینه برای دانه بندی آسفالت درشت دانه:

$\frac{3''}{4}$	$\frac{1''}{2}$	$\frac{3''}{8}$	N04	N08	N030	N050	N0100	N0200
100%	8	7	5	3	1	1	8	4

گونه‌های آسفالت:

۱) **آسفالت گرم (Hot mix Asphalt):**

در کارخانه آسفالت فرآوری می‌شود و بهترین آسفالت است.

۲) **آسفالت سرد (Cold mix Asphalt):**

در کارهای کم ارج در جاهای دورتر از کارخانه آسفالت، از این گونه آسفالت بهره می‌برند.

شن و ماسه خشک + قیر وارفته در نفت ← آمختن با لودر ← هوادهی ← ترابری

۳) **آسفالت سرد (Road mix Asphalt):**

پخش شن و ماسه خشک بر روی راه + قیر وارفته در نفت ← آمختن با گریدر ← هوادهی و تراکم

۴) **آسفالت روئی (Asphalt surface treatment):**

برای افزودن به کارائی آسفالت کهنه، روی آن را با کشیدن جاروی سیمی و دمیدن هوای فشرده پاک می‌کنند و پس از پاشش قیر داغ یا قیر وارفته در بنزین، بر روی آن یک لایه نازک سنگدانه ($D_{max} = 12_{mm}$) می‌ریزند و آن‌ها را غلتک می‌زنند.

۵) اندود آب بند (Seal Coat):

گونه‌ای آسفالت روئی است که برای ناتروا کردن و بهبود رویه آسفالتی، بکار می‌رود.

غلتک زنی ← پخش ماسه ← پخش قیر

۶) اندود خلنده (اندود نفوذی) (Prime Coat):

این اندود که تنها قیرداغ، یا قیر وارفته یا امولسیون قیر است، بر روی لایه اساس پخش می‌شود تا در میان دانه‌ها بخلد و رویه آسفالتی را به اساس بچسباند.

۷) اندودروئی (اندود سطحی)(Tack coat):

این اندود که قیر داغ، قیر وارفته یا امولسیون قیر است، بر روی لایه آسفالت پیشین پخش می‌شود تا آسفالتنوین به آن بچسبد.

۸) آسفالت گوگردی (Sulphure Asphalt):

اگر به جای 50% ~ 30 قیر بکار رونده در آسفالت، از گوگرد بهره برده شود، آسفالت ارزان خواهد بود و تاب آن افزایش می‌یابد. این آسفالت شکننده‌تر است و از این رو برای مناطق گرمسیر بهتر می‌باشد.

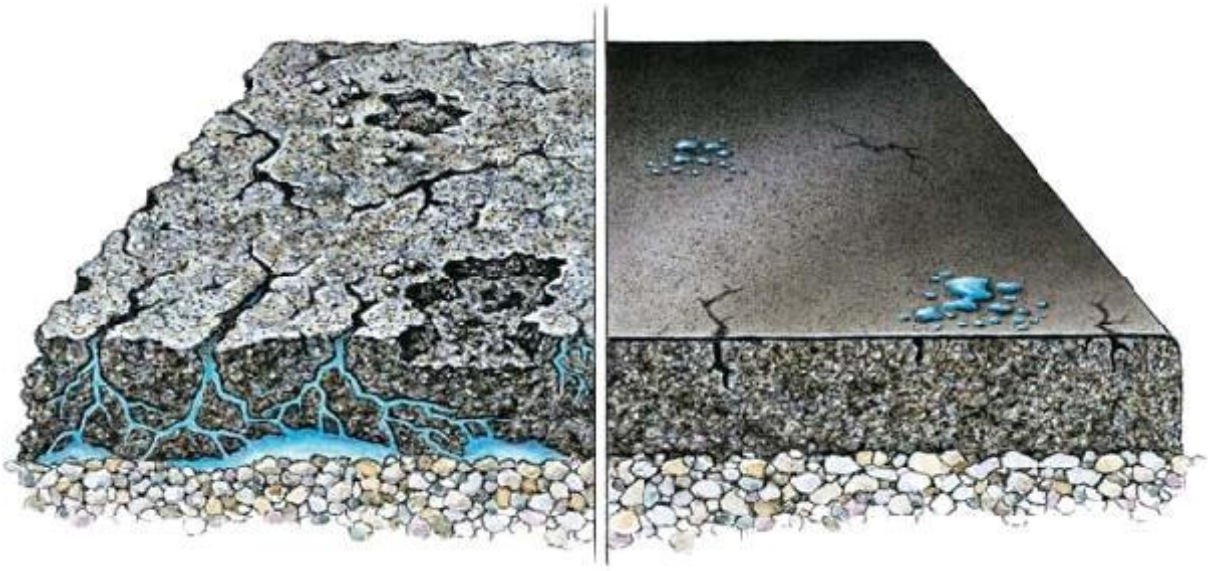
ویژگی های سنگدانه‌های آسفالت:

۱) سخت و سایش ناپذیر و به دور از آلودگی با رس

۲) سنگدانه‌های تیز گوشه که پولکی و سوزنی نیستند.

۳) سنگدانه‌های آب دوست (Hydro philic)

۴) ماسه آهکی استفاده نمی‌شود چون در کوره تجزیه می‌شود.



بتن (Cement concrete):

آمیخته سنگدانه، سیمان و آب که باگذر زمان خود را گرفته و سخت و پرتاب می‌شود و یکپارچه می‌گردد.

ویژگی‌ها:

۱) باربر و پرتاب، بویژه درفشار
۲) پایدار در برابر سایش، یخ زدگی، گرما، خوردگی، الکتریسیته
۳) شکل پذیر (در قالب)، ارزان، دردسترس
۴) سازگار با فولاد، فولاد در درون بتن زنگ نمی‌زند
۵) فولاد و بتن با افزایش دما به یک اندازه بزرگ می‌شوند

کاربرد:

۱) تیر، ستون، آسمانه، زمینه، دیوار (جدا کننده، باربر، نگهدار)
۲) بند آب (سد)،آبرو (کانال و لوله)، انبارآب
۳) راه (رویه، اساس و زیراساس)
۴) پیکره (مجسمه)

ویژگی‌های سنگدانه‌های بتن:

۱) ۳/۴ حجم بتن
۲) دانه بندی خوب (بازه روا)
۳) پایدار در فشار و سایش و یخ زدگی و کوبش
۴) درگیرشدن با ژل سیمان (آبمکی و رویه ناهموار)
۵) خزش کمتر ($E \uparrow$)
۶) نداشتن آماس با آبمکی و افزایش دما←(آماس سنگدانه‌ها←پکیدن بتن)
۷) نداشتن ناسره‌های گیاهی و جانوری (آلی)
۸) نداشتن آلودگی با رس و گرد سنگ (clay size)
۹) نداشتن سولفات، نیترات و کلرور وارونده
۱۰) نداشتن اکسید آهن و پیریت
۱۱) پایداری در برابر تر و خشک شدن پی‌درپی

فرآوری سنگدانه بتن:

۱) دانه بندی و شستشوی خاک

۲) شکستن سنگ

۳) فرآورده‌های ساختگی (مصنوعی) ←۱-۳) روباره آهن گدازی و شیشه گدازی

۲-۳) رس پخته

۳-۳) پخته آمیخته رس و خاکستر

- ❖ با روی داشت به تاب و پایائی(دوام) بتن، بایستی بیشترین بهره‌مندی از سنگدانه‌ها و کمترین بهره‌مندی از سیمان را داشت.
- ❖ سنگدانه‌های بتن را نمی‌توان با آمیختگی بهینه، یافت بلکه بایستی آن را از آمیختن قلوه سنگ و شن و ماسه، پدیدآورد.
- ❖ دانه‌ها با رویه صاف، شیشه‌ای، تخت، دراز، ترک دار،خرد شونده، برای بتن پذیرفتنی نیستند.
- ❖ سنگدانه‌ها نم کمتر از S.S.D را از آب بتن می‌گیرند ونم بیشتر از S.S.D را به آب می‌افزایند.
- ❖ ماسه (بویژه ماسه ریز دانه) در نم‌های کم (5% تا 8%) پف کرده‌تر است و اگر ماسه به جای وزن کردن، با پیمانه به بتن افزوده شود، وزن کمتری از ماسه به بتن افزوده می‌شود و بتن خشن می‌گردد و خوب در قالب جای نمی‌گیرد و بتن کرمو می‌شود .
- ❖ قلیائی‌های سیمان (Na_2O و K_2O) با سلیس پویای (فعال) سنگدانه‌های سنگ‌های اوپال کلسدونی، ریولیت، داسیت و آندزیت،جوش خورده و واکنش قلیائی سنگدانه و سیمان را پیش می‌آورند.این واکنش در میانه دانه و ژل سیمان، آماس و ترک خوردن و پکیدن را پیش می‌آورد.
- ❖ سنگدانه‌های بتن نبایستی ضریب انبساط حرارتی خیلی متفاوت داشته باشد.
- ❖ سنگدانه‌های تیز گوشه تاب بتن و سنگدانه های گرد گوشه کارائی(workability) آن را می‌افزاید.
- ❖ از تراشه و براده آهن و سنگدانه‌های سنگین (شکسته از سنگ آهن) برای فرآوری بتن سنگین بهره می‌برند.
- ❖ از پومیس و پرلیت و روباره‌های پوک برای فرآوری بتن سبک بهره می‌برند.
- ❖ سنگدانه‌های هم اندازه، بی آنکه دچار جدایش(segregation) شوند، انبار می‌شوند.
- ❖ سنگدانه‌ها نباید به گونه مخلوط بلند یا بر روی سرازیری یا در راستای وزش باد انبار شوند.
- ❖ اندازه بزرگ‌ترین سنگ دانه بتن: (هر کدام که کمتر باشد)
  - 1/5 کوچکترین اندازه قالب
  - 1/4 تا 1/3 ستبرای تاوه (دال slab) بتنی
  - 3/4 کمینه آزاد میانه (فاصله) میلگردها

- ❖ در بتن‌های گنده سدهای بتنی از سنگدانه‌های به بزرگی 300_{mm} هم بهره برده شده است.
- ❖ ماسه بتن بایستی ضریب نرمی (fineness modulus) 2.3 تا 3.1 داشته باشد.
- ❖ هر چه ماسه درشت‌تر باشد، ضریب نرمی بیشتر خواهد شد.
- ❖ ضریب نرمی، جمع درصدهای انباشتی (تجمعی) مانده روی الک‌های 4، 8 ، 16، 30، 50، 100 است.
- ❖ ماسه درشت‌دانه بتن را خشن و ماسه ریز دانه آن را کارا می‌کند ولی آب و سیمان بیشتری بکار می رود.
- ❖ افزودن پودر سنگ به بتن (clay size) آن را ناتراوا می‌کند.
- ❖ در بتن‌های درشت دانه، رویه دانه‌ها کمتر است و دانه‌ها میتوانند از هم جدا شوند.
- ❖ همراه با سنگدانه‌ها، می‌توان از دانه‌های دیگری همانند:

۱) تراشه چوب (بتن سبک)

۲) آزبست (لوله بتنی)

۳) پشم شیشه (لوله بتنی)

۴) تراشه فلز (پی های لرزنده ماشین ها)

۵) پنبه و کنف (بتن سبک)

۶) نایلون (بتن پایدار در برابر ترکیدن)

۷) خرده آجر (بتن سبک)

آب بتن:

ویژگی‌های آب بتن:

- آب آشامیدنی
- آب ناشناخته بایستی آزمایش شو و 90% تاب بتن ساخته شده از آب آشامیدنی را بدهد.

- ❖ مواد وارفته در آب بتن، می‌تواند روی زمان خودگیری، خوردگی میلگردها و شوره زدن بتن اثر بگذارد.
- ❖ آبی که کمتر از 2000 P.P.M مواد وارفته داشته باشد، می‌تواند در بتن بکار رود. برای بیشتر از 2000 P.P.M بایستی آزمایش انجام گیرد و زمان خودگیری و تاب پایانی بررسی شود.
- ❖ کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های سدیم و پتاسیم، گیرش را تند و تاب پایانی را کم می‌کنند و برای بیشتر از 1000 P.P.M بایستی آزمایش شوند.

- ❖ کلرورها میلگردها را دچار خوردگی می‌کنند. در بتن‌های همیشه خشک و در بتن‌های میلگرد گذاری نشده (غیر مسلح) کلرور می‌تواند تا 2000 P.P.M باشد.
- ❖ آب دریا تا 350.000 P.P.M مواد وارفته، می‌تواند بتن میلگرد گذاری نشده (plaine cocrete) بکار رود ولی نباید برای بتن پیش تنیده (prestressed cocrete) بکار رود.
- ❖ آب‌های اسیدی تا 10.000 P.P.M اثر بدی بر بتن ندارد.
- ❖ آب‌های قلیائی 6000 تا 10.000 P.P.M اثربدی بر بتن ندارد.
- ❖ گل و لای آب تا 2000 P.P.M پذیرفته است.
- ❖ آب شست و شوی ابزار بتن سازی، اگر تا 50.000 P.P.M ریز دانه داشته باشد، می‌تواند برای فرآوری بتن بکار رود.
- ❖ پس آب کارخانه، بی‌آنکه آزمایش شود، نمی‌تواند در بتن بکار رود.
- ❖ پس آب خانگی، پس از پالایش می‌تواند در بتن بکار رود.
- ❖ شکر تا 500 P.P.M برای آب بتن، پذیرفته باشد.
- ❖ چربی‌های گیاهی، جانوری، کانی (معدنی مانند نفت)، اگر بیشتر از 2% وزنی سیمان، همراه با آب بتن باشند، تاب بتن را می‌کاهند.
- ❖ آب خزه‌دار تاب بتن را می‌کاهد.چون به سنگدانه‌ها می‌چسبد،چسبندگی با ژل سیمان را کاهش می‌دهد.

روش‌های فرآوری:

۱) **دستی:** در این روش به آمیخته شن و ماسه وسیمان، آب زده می‌شود و با بیل زیر و رو می‌گردد تا یکنواخت گردد .این بتن کم ارزش وشل است و تنها برای کارهای کم ارج بکار می رود.

۲) ماشینی:

الف) روش حجمی: دراین روش حجم‌های حساب شده‌ای از شن و ماسه و سیمان به درون دیگ بتن ساز (mixer) که از پیش در درون آن بخشی از آب بتن ریخته شده است، ریخته می‌شود و هنگام با چرخش mixer مانده آب نیز افزوده می‌شود.

ب) روش وزنی: در این روش وزن‌های حساب شده‌ای ... (برای کارهای بسیار ارج دار)

گونه‌های بتن:

۱) بتن سنگین (heavy concrete):

کاربرد: ۱- بند و دیوارهای وزنی

۲- وزنه‌های تعادل

۳- بلوک‌های نگهدارنده guard block

❖ سنگدانه‌های سنگین مانند سنگ آهن یا سنگ باریت شکسته همراه با براده و تراشه‌های آهن در این بتن بکار می‌رود.

۲) بتن ناتراوا (impervious concrete):

کاربرد:۱- رویه ناتراوای بالا دست بندهای خاکی و سنگی

۲- هسته ناتراوای بندهای خاکی وسنگی
۳- آب‌بند (cut off) بندها (بتن پلاستیک)

- ❖ دانه بندی fuller
- ❖ میان دانه‌های ریز را گرد سنگ بسیار ریز می‌گیرد (filler)
- ❖ در بتن پلاستیک میان دانه‌های ریز را رس بنتونیت می‌گیرد تا بتن ناتراوا و شکل پذیر شود و به هنگام نشست و زمین لرزه ترک نخورد.

۳) بتن پیش آکنده (Preplaced aggregate concrete):

۱- سنگدانه‌هائی که گرد و غبار و آلودگی با رس نداشته باشند، باغلتک در هم فشرده می‌شود.
۲- با پاشش آب، سنگدانه‌ها خیس می‌گردند.
۳- با فشردن ملات ماسه و سیمان، فضای میان دانه‌ها پر می‌گردد.

برتری‌های این بتن:
۱- خزش بتن کمتر
۲- در گرمسیر، دانه‌ها با آب سرد خنک می‌شوند.
۳- در سرد سیر، دانه‌ها با بخار آب گرم می‌شوند.
۴- خودگیری دمای کمتری آزاد می‌کند.

دانه بندی:

شماره الک	6"	3"	$1\frac{1}{2}$"	$\frac{3}{4}$"	$\frac{1}{2}$"
درصد عبوری	100	67	40	6	1

۴) بتن پاشیده شده (shotcrete):

کاربرد: ۱- رومالی

۲- نگهداری گذرا از دیواره تونل‌ها

۳- نما

۴- همراه با تور و میلگردهای نازک هم میتواند بکار رود.

۵- پاشش تر و خشک

۶- ریز دانه ← کار برد سیمان بیشتر

۷- چندان پرتاب نیست.

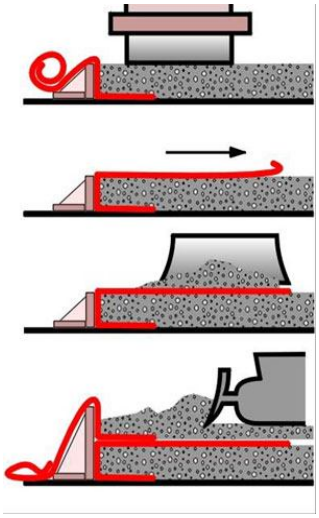
۵) بتن غلتک خورده (Roller Compacted Concrete) R.C.C:

کاربرد: ۱- بندهای وزنی

۲- پی‌های گنده

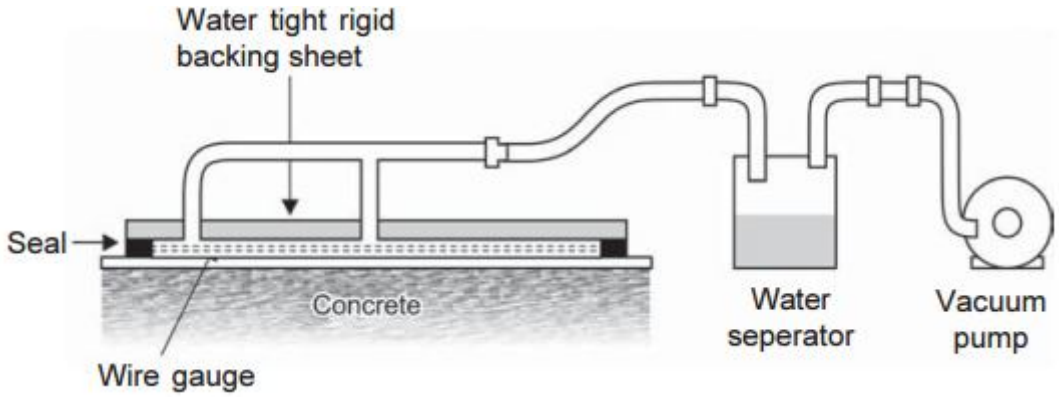
۳- دیوارهای وزنی

- ❖ بتنی درشت دانه کم سیمان کم آب که افت (slump) ندارد همانند لایه‌ای غلتک می‌خورد و در هم فشرده می‌شود و با گذر زمان سیمان آن می‌گیرد و پرتاب‌تر نیز می‌شود.
- ❖ عیار سیمان $100_{kg/m^3}$
- ❖ درشت‌ترین سنگدانه 75_{mm}
- ❖ لایه بالایی پس از ۲۴ ساعت
- ❖ آب به اندازه‌ای که به نم بهینه (w_{opt}) نزدیک باشد.
- ❖ ستبرای لایه‌ها ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر
- ❖ بتن R.C.C هزینه کم دارد و نیاز به قالب ندارد.



۶) بتن مکیده (Vacuum concrete):

- ❖ با آبکی کردن بتن، آن را به آسانی در قالب جای می‌دهند و سپس با پدید آوردن مکش در پیرامون قالب، آب را می مکند تا نسبت $\frac{W}{C}$ کاسته شود.
- ❖ مکیدن دراز مدت سودمند نیست. باروی داشت به ستبرای قالب بتن ۱۵ تا ۲۵ دقیقه سودمند است.
- ❖ مکش در فشار 400 تا 650 میلیمتر جیوه انجام می‌گیرد.
- ❖ برای $\frac{W}{C}$ یکسان، تاب بتن ساده از بتن مکیده بیشتر است. چون بتن مکیده پوکی به جای گذارد و از این رو مکیدن ولرزاندن بتن سودمندتر است.
- ❖ رویه بتن مکیده در برابر سایش پرتاب است.



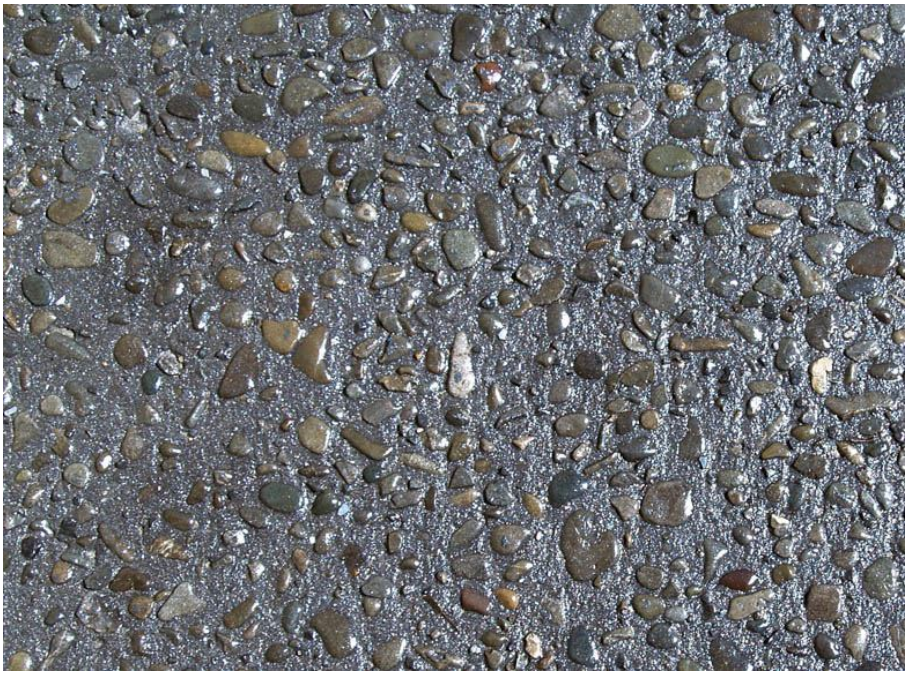
۷) بتن گنده (حجیم) (Mass concrete):

در این بتن بالا رفتن دمای درون بتن (پیش آمده از خود گیری) آماس بتن را در پی خواهد داشت و پکیدن و ترک خوردن را پیش می‌آورد. برای جلوگیری از این پدیده:

- ❖ سنگدانه‌ها را در سایه نگهداری می‌کنند و با آب پاشی سرد می‌کنند.
- ❖ از آب سرد یا پوره یخ، برای بتن سازی بهره می‌برند.
- ❖ وزن سیمان را می‌کاهند.(با افزودن به درشت دانه‌ها و با در هم فشردن دانه‌ها)
- ❖ از سیمان نوع چهارم یا سیمان پوزولانی بهره می‌برند.
- ❖ لوله آب خنک در درون بتن جای می‌گذارند.
- ❖ از سرد شدن و ترنجیدگی (انقباض) رویه بتن جلوگیری می‌کنند و گاهی آن را گرم نیز می‌کنند تا آماس آن با آماس بخش‌های درونی، یکی گردد.
- ❖ تفاوت دمای درون و بیرون بتن گنده نباید بیشتر از 20° باشد.

۸) بتن هوادار (Air entrained concrete):

۹) بتن نمایان (نما) (Exposed concrete):



۱۰) بتن پاکیزگی (مگر) کم مایه (Lean concrete):

۱۱) بتن الیافی (fiber reinforced concrete):

۱۲) **بتن تگری (Gunite concrete):**

بازدارنده (عایق) (insulator):

❖ در میان فرآورده‌های ساختمانی، بازدارنده‌های نم، الکتریسیته، صدا و دما جایگاهی ویژه دارند.

۱) بازدارنده‌های نم:

❖ قیر و فرآورده‌های وابسته مانند قیروگونی یا ایزوگام

❖ پلاستیک

- رویه ناتراوا برای چوب و بتن و گچ و کف (foam)
- Water stop در میان بتن
- بتونه درزگیر

❖ شیشه و رویه‌های شیشه‌ای شده کاشی و سرامیک

❖ چوب پنبه

۲) بازدارنده‌های الکتریسیته:

❖ پلاستیک

❖ چوب

❖ سفال و سرامیک

❖ چوب پنبه

۳) بازداننده‌های صدا و دما:

❖ چوب

❖ آجر میان تهی

❖ بتن پوک

❖ پشم شیشه

❖ پشم سنگ

❖ چوب پنبه

- چوب پنبه (cork): پوست درخت بلوت خرد و پخته می‌شود تا زنج (صمغ- رزین resin آن بیرون آید و خرده چوبها را به‌هم چسباند. $\gamma = 200\ ^{kg}/_{m^3}$

❖ یونولیت

پشم سنگ:

❖ سنگ‌های رس آهکی (مانند مارن) را گداخته و همانند روش فرآوری پشم شیشه، آنرا می‌پاشند تا تارهای سنگ پدید آید و از درهم کردن آنها پشم سنگ فرآوری می‌شود. $\gamma = 150 \sim 350 kg/m^3$ تا 600^o در برابر دما پایدار است.

آزبست:

❖ از کانی آکتینونیت فرآوری می‌شود و همراه با سیمان برای ساخت لوله آزبستی (دودکش و آب‌بر) و صفحه‌های آزبستی (پوشش خرپاها) بکار می‌رود.

❖ آزبست در برابر اسید و آتش پایدار است.

گونی:

❖ پایدارکننده قیر است و بایستی نو، ریزبافت، بی‌چروک و بی‌آلودگی باشد.

پلاستیک (Plastic) :

ویژگی‌ها:

- پایدار در برابر هوازدگی و پوسیدن
- شکل‌پذیر
- پایدار در برابر برخورد
- رنگ‌پذیر
- ناتراوا
- نارسانا
- سبک
- گرماگذری کم
- آسانی برش، پیوند و سوراخ‌کاری
- پایداری در سایش
- در برخی گذر پرتو خورشید

کاربردها:

- روکش
- نما
- آرایه
- گرمابندی
- صدابندی
- رنگ
- چسب
- لوله

- پوشش زمینه (کف)
- Water stop
- قالب
- درزگیر

گونه‌ها:

۱. P. V. C(Poly Vinyl Chloride)

- بی‌بو، بی‌مزه، پایداری شیمیائی، آتش گرفتن دشوار، پایدار در برابر نفت، لیز نخوردن
- لوله، پوشش زمینه، روکش سیم

۲. P. E(Ploy Ethylene)

- سبک، سوزنده، پرتاب، فرآوری به رنگ سیاه تا پرتوهای زیانبار فرابنفش آنرا ترد نکند.
- لوله، پوشش زمینه

(۳) Polymer (پلی‌مر)

(۴) Polystyrene (پلی‌استر)

(۵) Polyurethan (پلی اورتان)

آزمایشات

آزمایش‌های گچ:

الف) نسبت $\frac{\text{وزن آب}}{\text{وزن گچ}}$

- $100cm^3$ آب را در یک بِشِر $400cm^3$ بریزید.
- از $500gr$ گچ گذرنده از الک 40، آرام آرام در درون بِشر بریزید، تا کپه گچ از آب سر بر آورد و چکاد (قلّه) آن 2 تا 4 ثانیه از خود پایداری نشان دهد.
- مانده گچ را وزن کرده و نسبت را حساب کنید. ($0.5 \cong$)

ب) زمان آغاز و پایان خودگیری:

- ملات گچ را با نسبت $\frac{\text{وزن آب}}{\text{وزن گچ}}$ بدست آمده، از آزمایش بالا یا با پیشنهاد کارشناسان فراهم کرده و دو دقیقه به‌هم زنید.
- ملات را با ستبرای $5mm$ روی سینی یا شیشه بمالید.
- در زمانهائی با کاردک روی ملات شیار بزنید.
- زمانی که شیار به‌هم نیامد، آغاز خودگیری است (از هنگام پاشش گچ به آب زمان، برداشت می‌شود.)
- پس از سپری شدن سه دقیقه با انگشت اشاره، فشار نزدیک به $5kg/cm^2$ به گچ وارد کنید و با گذشت زمان این کار را تکرار نمائید. پایان این گام هنگامی است که زیر انگشت، آب دیده نشود و آب از پیرامون انگشت رو نزند. (پایان خودگیری)

پ) آب آزاد گچ:

- نزدیک به نیم کیلو گچ را وزن کنید.
- گچ را دو ساعت در 45^o oven جای دهید و در پایان وزن کنید.
- $100 \times \frac{\text{وزن نمونه خشکیده} - \text{وزن نمونه}}{\text{وزن نمونه خشکیده}} =$ درصد آب آزاد (هرچه کمتر بهتر)

ت) آزمایش تاب فشاری و تاب کششی گچ:

- به $500cm^3$ آب، $1000gr$ گچ گذرنده از الک 16 را به آرامی بیافزائید و به‌هم بزنید تا خمیر یکدستی شود.
- خمیر گچ را در قالب‌های ویژه تاب فشاری و کششی که از پیش، روغنکاری شده‌اند و پیچ‌های آنها سفت شده است بریزید.
- پس از خودگیری گچ قالب‌ها را باز کرده و نمونه‌ها را به حال خود رها کنید تا به آرامی خشک شوند.
- پس از چند روز، نمونه‌ها را با اعمال نیروی کششی و فشاری به گسیختگی برسانید.
- $\sigma_c = \square\ Kg/cm^2$ تاب فشاری Compressiv = $\frac{\text{نیروی جک } kg}{\text{مساحت مقطعی که فشار به آن وارد میشود}(cm^2)}$
- $\sigma_t = \square\ Kg/cm^2$ تاب کششی tensile = $\frac{\text{نیروی جک } kg}{\text{مساحت مقطعی که با کشش میگسلد}(cm^2)}$

ث) دانه‌بندی گچ:

- گچ خشکیده در oven 45^o، روی مجموعه الک‌های No_7، No_{14}، No_{35}، No_{60} ریخته می‌شود.

معیار برای گچ معمولی		معیار برای گچ سفید	
شماره الک	درصد وزنی مانده	شماره الک	درصد وزنی مانده
N07	0	N07	0
N014	بیشینه 5% همه نمونه	N014	0
N035	بیشینه 15% همه نمونه	N035	0
		N060	بیشینه 2% همه نمونه

آزمایش‌های آجر:

الف) وزن مخصوص آجر:

- ❖ آجر را وزن کنید
- ❖ حجم آجر را با اندازه‌گیری درازا، پهنا و ستبرای آن حساب کنید.

ب) آبمکی آجر:

- ❖ آجر خشکیده در 100^{o} oven را وزن کنید.
- ❖ آجر را 24 ساعت در آب جای دهید و پس از درآوردن از آب آنرا با حوله نمناک پاک کرده و وزن نمائید.

$$\text{درصد آبمکی} = \frac{\text{وزن آجر خشک} - \text{وزن آجر سیرآب}}{\text{وزن آجر خشک}} \times 100$$

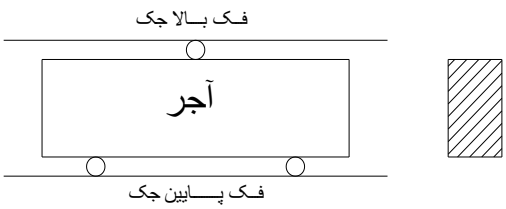
پ) تاب فشاری آجر:

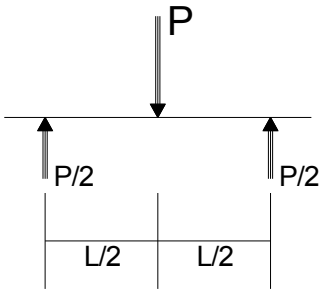
- ❖ در حالی که در بالا و پایین آجر مصالح ریز دانه‌ای مانند گچ، سیمان یا ماسه بادی ریخته شده است، آنرا زیر جک قرار دهید، تا با افزایش نیروی جک، بگسلد.

تاب فشاری Compressive : $\frac{\text{نیروی جک } kg}{\text{مساحت مقطعی که فشار به آن وارد میشود } (cm^2)}$ $\sigma_c = \square\ Kg/cm^3$

ت) تاب خمشی آجر:

❖ با بهره‌مندی از سه تکه میلگرد، آجر را زیر جک قرار دهید و به آن نیرو وارد کنید تا بگسلد.





$$M_{\max} = \frac{\mathrm{p}}{2} \times \frac{\mathrm{L}}{2} = \frac{\mathrm{P.L}}{4}$$

تاب خمشی bending : $\sigma_b = \frac{M_{max}}{W} = \frac{\frac{P.L}{4}}{\frac{bh^2}{6}} =$ ☐ Kg/cm^2

ث) شوره‌زدگی آجر:

❖ پنج سطح آجر را با قیر گداخته اندود کنید تا تنها نمای آن باز بماند.

❖ روی نما اندک اندک آب چکیده شده (مقطر) بپاشید تا سیراب شود.

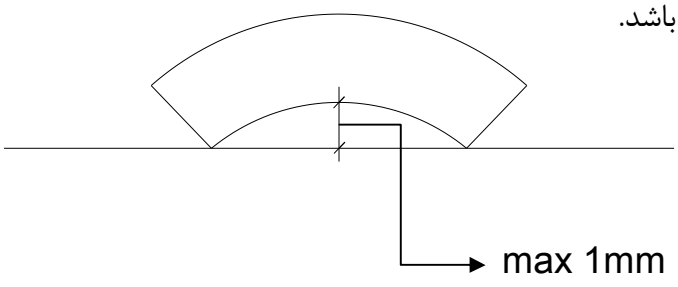
❖ آجر را چندین روز رها کنید تا بخشکد و شوره بزند.

❖ شوره‌زدگی را با این واژه‌ها گزارش کنید.

هیچ، کم (10% نما شوره)، میانه (50% نما شوره)، بیش (بیشتر از 50 نما شوره)، خیلی بیش (همه نما شوره)

ج) گوژی و کاوی (تحدب و تقعر)

❖ آجر نباید بیش از 1*mm* گوژی و کاوی داشته باشد.



آزمایش‌های سنگدانه‌ها:

الف) آزمایش دانه‌بندی:

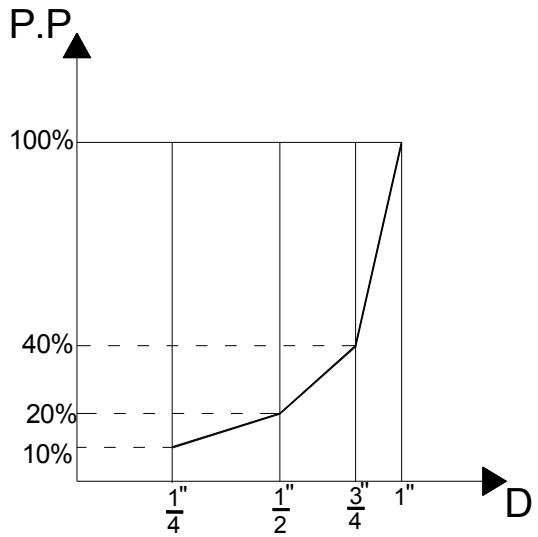
❖ نزدیک به 1.5kg شن خشک بردارید و آنرا بر روی الک‌های $1''$، $\frac{3}{4}''$، $\frac{1}{2}''$ و $\frac{1}{4}''$ بریزید و الک‌ها را لرزانده و وزن دانه‌های مانده در آنها را بدست آورید و با پردازش آنها، نمودار دانه‌بندی شن را بکشید.

مثال: $W_0 = 150\text{gr}$

شماره الک	وزن مانده gr	وزن مانده انباشتی	وزن گذرنده انباشتی	Passing Percent
$1''$	0	0	1500	$\mathbf{P.P_{1''} = \frac{1500}{1500} \times 100 = 100\%}$
$\frac{3}{4}''$	900	900	600	$\mathbf{P.P_{\frac{3}{4}''} = \frac{900}{1500} \times 100 = 40\%}$
$\frac{1}{2}''$	300	1200	300	$\mathbf{P.P_{\frac{1}{2}''} = \frac{300}{1500} \times 100 = 20\%}$
$\frac{1}{4}''$	150	1350	150	$\mathbf{P.P_{\frac{1}{4}''} = \frac{150}{1500} \times 100 = 10\%}$
Pan	150	1500	0	

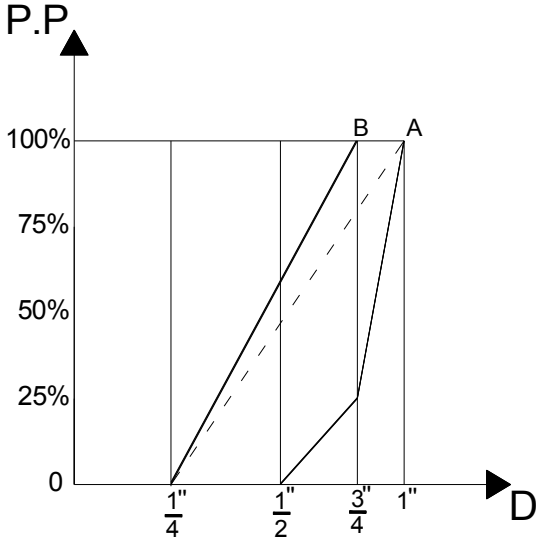
$$\text{خطا} = \left|\frac{1508 - 1500}{1508}\right| \times 100 = 0.5\% < 2$$

$$W_1 = 1500\text{gr}$$



مثال کاربردی:

❖ دو بخش وزنی از شن A با سه بخش وزنی از شن B، درهم آمیخته می‌شود. خواسته می‌شود نمودار دانه‌بندی شن بدست آمده.



$$P.P_{1''} = \frac{2\times100+3\times100}{2+3} = 100\%$$

$$P.P_{\frac{3}{4}''} = \frac{2\times25+3\times100}{2+3} = 70\%$$

$$P.P_{\frac{1}{2}''} = \frac{2\times0+3\times75}{2+3} = 45\%$$

$$PP_{\frac{1}{4}''} = \frac{2\times0+3\times75}{2+3} = 0\%$$

ب) آزمایش ضریب نرمی:

❖ این آزمایش بر روی ماسه‌ها انجام می‌گیرد و هرچه ضریب نرمی بزرگتر باشد، نشانگر درشت دانه بودن ماسه خواهد بود. ضریب نرمی بهینه برای ماسه بتن ۲/۳ تا ۳/۱ است.

❖ نمونه‌ای از ماسه بر روی الک‌های No_{50}،No_{30}، No_{16}، No_8، No_4 و No_{100} ریخته می‌شود و پس از لرزاندن الک‌ها، وزن دانه‌های مانده در هر الک بدست آورده می‌شود.

شماره الک	وزن ماده gr	وزن ماده انباشتی	درصد مانده انباشتی
*N*04	50	50	**5**
*N*08	200	250	**25**
*N*016	150	400	**40**
*N*030	200	600	**60**
*N*050	200	800	**80**
*N*0100	150	950	**95**
pan	50	1000	

1000gr

$$\text{ضریب نرمی} = \frac{\text{جمع درصد مانده انباشتی روی الک . .}}{100}$$

$$\text{ضریب نرمی} = \frac{5 + 25 + 40 + 60 + 80 + 95}{100} = 3.05$$

پ) وزن مخصوص انبوهی سنگدانه‌ها (وزن مخصوص توده):

mass density ≡ bulk density

- حجم یک سطل استوانه‌ای را حساب کنید.
- سنگدانه (مثلاً شن) را از بلندی $15cm$ به درون سطل بریزید و کپه بالای آنرا تخت کشید.

γ_b :وزن مخصوص انبوهی (در نم باشنده (موجود)) $= \frac{\text{وزن سنگدانه ها}}{\text{حجم سطل}}$ یا $\frac{kg}{m^3}$ یا $\frac{gr}{cm^3}$

ت) وزن مخصوص سنگدانه‌ها:

- اگر در بدست آوردن وزن مخصوص سنگدانه‌ها، به حجم ظاهری دانه‌ها بها داده شود و همه یا بخشی از حفره‌های درون دانه، جزء حجم آن به‌شمار آید، به آن وزن مخصوص ظاهری گفته می‌شود و اگر تنها به حجم مواد جامد دانه‌ها بها داده شود، وزن مخصوص حقیقی نامیده می‌شود. وزن مخصوص حقیقی در بتن کاربرد ندارد و برای رسیدن به آن باید سنگدانه‌ها را پودر کرد تا همه حفره‌های درونی آنها از بین برود.
- یک پیکنومتر را پر از آب کرده و وزن کنید. A
- شماری سنگدانه را که از 24 ساعت پیش در درون آب بوده، درون پیکنومتر بریزید و مانده حجم آنرا با آب پر کرده و وزن کنید. B
- دانه‌ها را در سینی ریخته و با حوله نمناک خشک کرده و وزن کنید. C
- دانه‌ها را 24 ساعت در گرمخانه با دمای 105^o جای دهید و سپس وزن کنید. D

وزن مخصوص ظاهری با نم S.S.D = $\frac{\text{وزن دانه ها در حالت } S.S.D}{\text{حجم دانه ها(همراه حفره هائی که آب به آنها نمیرسد)}} = \frac{C}{\underbrace{[A-(B-C)]}_{\text{حجم دانه‌ها}} / \underbrace{\gamma_W}_{\text{وزن آب هم حجم دانه‌ها}}} = \frac{C}{A-B+C}\ gr/cm^3$

$1\ gr/cm^3$

(در بتن کاربرد دارد.)

وزن مخصوص ظاهری خشک = $\frac{\text{وزن دانه ها در حالت خشک}}{\text{حجم دانه ها(همراه همه حفره های)}} = \frac{D}{A-(B-D)} = \frac{D}{A-B+D}$

Dry apparent density

وزن مخصوص حقیقی Real density = $\frac{\text{وزن دانه های خشک پودر شده}}{\text{حجم دانه ها(بدون حفره های درون دانه ها)}} = \frac{\acute{D}}{A-(B-\acute{D})} = \frac{\acute{D}}{A-B+\acute{D}}$

❖ این سه پیوند به راستی چگالی (وزن مخصوص نسبی) را بدون بعد نشان می‌دهند و چنانکه $\gamma_W = 1gr/m^3$باشد(نه، $\gamma_W = 1000kg/m^3$) عدد وزن مخصوص را نیز نشان می‌دهند.

ث) آزمایش نم‌روئی سنگدانه‌ها و آبمکی آنها:

❖ نزدیک به نیم کیلو از شن‌هائی که کمینه از 24 ساعت پیش، در درون آب هستند، بردارید و پس از چکیدن آب، آنها را وزن کنید. W_{SS})Saturated Surface)

❖ شن‌ها را در یک سینی ریخته و با حوله نمناک روی آنها را خشک کرده و وزن کنید W_{SSD})Saturated- Surface Dry)

❖ نمونه را 24 ساعت در گرمخانه با دمای 105^oجای دهید و سپس وزن کنید. W_{Dry}

❖ نم‌روئی و آبمکی را حساب کنید.

❖ درصد نم‌روئی = $\frac{W_{SS}-W_{SSD}}{W_{SSD}} \times 100$

❖ درصد آبمکی: A(Absorption) = $\frac{W_{SSD}-W_{Dry}}{W_{Dry}} \times 100$

ج) آزمایش خرد شدن در فشار:

- مقداری شن گذشته از $\frac{3}{4}^{"}$ و مانده در الک $\frac{1}{2}^{"}$ را در قالبی به قطر $6^{"}$ و بلندی $4^{"}$ بریزید و $40ton$ به آن بار وارد کنید تا پوک‌ها و سست‌ها خرد شود.
- شن‌ها را روی الک No_8 ریخته و وزن خرده ریزه‌های گذرنده از آن را بدست آورید.
- $\text{درصد خرد شده} = \frac{\text{وزن گذرنده از الک } No8}{\text{وزن نخستین نمونه}} \times 100$

چ) آزمایش تاب در برابر کوبش (تاب در برابر ضربه) Impact Test:

- مقداری شن گذشته از $\frac{3}{4}^{"}$ و مانده در الک $\frac{1}{2}^{"}$ را در قالبی به قطر $4^{"}$ و بلندی $2.86cm$ ریخته و با کوبه $13.55kg$، 15 بـار، از بلنـدی $38cm$ آنرا بکوبید و آنها را در الک No_8 ریخته و وزن خرده ریـــزه‌های گذرنده از آنرا بدست آورید.
- $\text{ضریب تاب در برابر کوبش} = \frac{\text{وزن گذرنده از الک } No8}{\text{وزن نخستین نمونه}} \times 100$

آزمایش‌های سیمان:

الف) وزن مخصوص دانه‌های سیمان:

- پیکنومتری تهی را وزن کنید. W_1
- پیکنومتر را تا خط نشانه با نفت پر کنید و وزن نمائید. W_2
- وزن مخصوص نفت را بیابید. $kerosene\ \gamma_K = \frac{W_2 - W_1}{\text{حجم پیکنومتر}}$
- $150gr$ سیمان خشک را وزن کنید. W_C
- $200cm^3$ از نفت پیکنومتر را خالی کرده و سیمان را در آن بریزید و مانده حجم آنرا با نفت (تا خط نشانه) پر کنید و وزن نمائید. W_3
- وزن مخصوص دانه‌ها را حساب کنید.

$$Cement \quad \gamma_C = \frac{W_C}{V_C} = \frac{W_C}{\underbrace{(W_2 - W_C - W_3) \div \gamma_K}_{\text{وزن نفت هم حجم دانه‌های سیمان}}} = \frac{W_C \cdot \gamma_K}{W_2 + W_C + W_3}$$

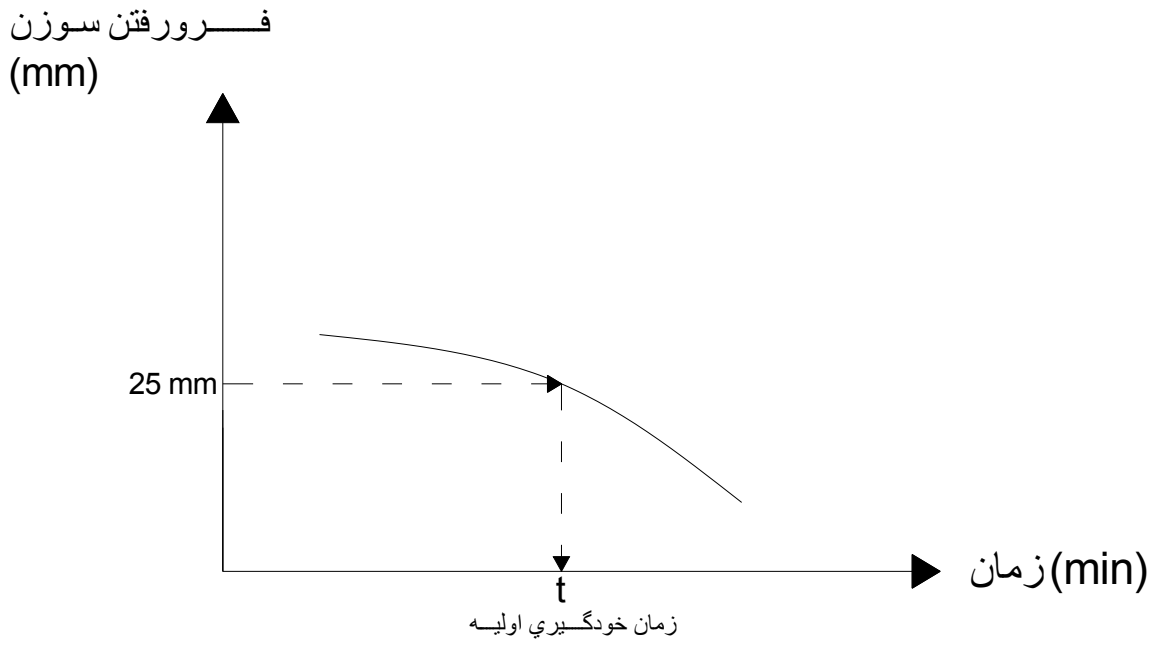
ب) وزن مخصوص توده سیمان:

- ظرفی با حجم معلوم را وزن کنید. W_1
- ظرف را از بلندی $15cm$ با سیمان پر کرده و وزن کنید. W_2
- وزن مخصوص توده سیمان را حساب کنید.

$$bulk \quad \left(\text{فلّه}\right) \text{وزن مخصوص توده}: \gamma_{bc} = \frac{W_2 - W_1}{\text{حجم ظرف } V}$$

پ) آزمایش آغاز زمان خودگیری سیمان:

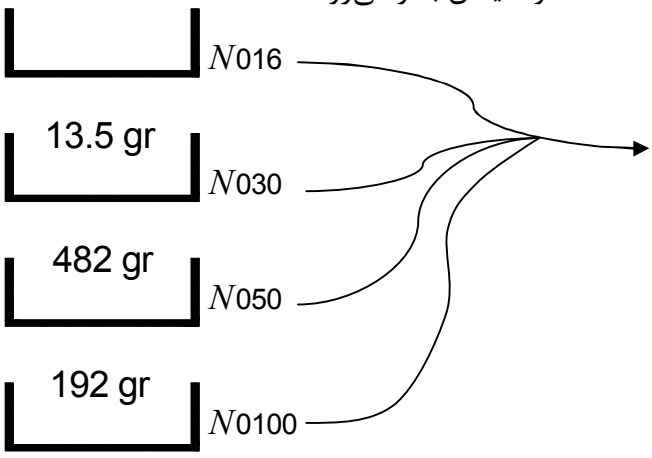
- ❖ $500gr$ سیمان را وزن کنید.
- ❖ با پرسش از کارشناسان محترم آزمایشگاه برابر آب استاندارد سیمان مصرفی، آب بردارید و سیمان را در حالی که آب در درون همزن است، بر روی آن بریزید.
- ❖ بر پایه راهنمائی کارشناسان، خمیر استاندارد سیمان را فراهم کرده و در مخروط دستگاه ویکات جای دهید.
- ❖ مخروط را 30 دقیقه در کابین بخار یا محلی که کارشناسان پیشنهاد می‌کنند نگهدارید.
- ❖ پس از 30 دقیقه سوزن ویکات را بر روی خمیر سیمان رها کنید و فرورفتن سوزن را اندازه بگیرید.
- ❖ این کار را در فواصل زمانی (15 دقیقه از هم) تکرار کنید.
- ❖ نمودار زمان و فرورفتن را رسم کرده و زمان خودگیری اولیه سیمان را بیابید.



آزمایش‌های تاب فشاری و تاب کششی ملات سیمان:

الف) آزمایش میز جریان:

❖ این آزمایش برای برآورد آب استاندارد ملات ماسه و سیمان بکار می‌رود.



❖ ماسه $687.5gr$

❖ سیمان $250gr$

❖ آب $100gr$ ($100cm^3$)

❖ آب در به‌همزن ریخته می‌شود و سیمان به آن افزوده شده و با سرعت 140 دور در دقیقه، 30 ثانیه به‌هم زده می‌شود.

❖ سرعت به‌همزن کم می‌شود و در 30 ثانیه دیگر ماسه به درون آن ریخته می‌شود.

❖ به‌همزن خاموش شده و سرعت آن به 285 دور در دقیقه رسانده می‌شود و 30 ثانیه ملات را به‌هم میزند.

❖ ملات 1.5 دقیقه رها می‌شود و سپس در میانه به‌همزن انباشته شده و یک دقیقه با سرعت کم، به‌هم زده می‌شود.

❖ ملات در دو لایه داخل قالبی که در میانه صفحه افقی دستگاه میز جریان قرار دارد، جای می‌گیرد و رویه آن صاف می‌گردد.

❖ قالب (مخروط ناقص) برداشته می‌شود و دستگاه آغاز به‌کار کرده و صفحه افقی را در هر ثانیه $12.7mm$ بالا، پایین می‌اندازد.

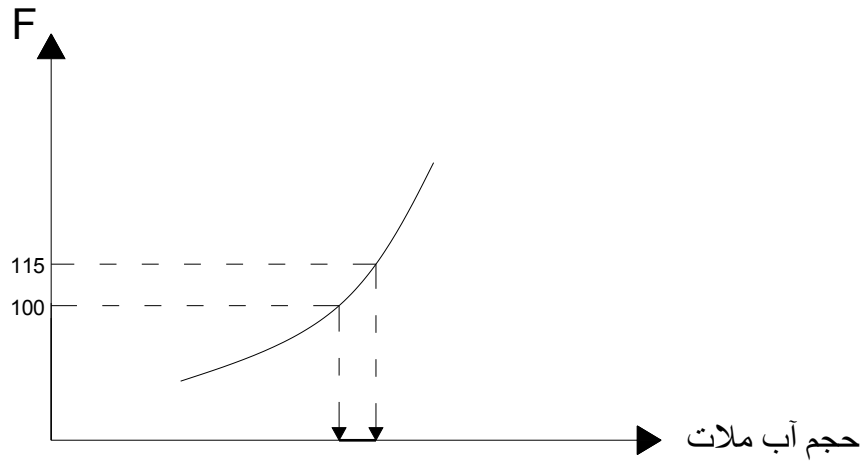
❖ پس از 15 کوبش، دستگاه خاموش می‌شود و میانگین قطر ملات پخش شده اندازه‌گیری می‌شود و مقدار جریان ملات محاسبه می‌گردد.

❖ D: میانگینی قطر ملات $F = \frac{D-d}{d} \times 100$

❖ d: قطر قاعده بزرگ قالب ($10cm$)

❖ آزمایش چندین بار دیگر با افزایش آب ملات، از سر گرفته می‌شود.

❖ در آب استانداردِ ملات ماسه و سیمان، $100 \leq F \leq 115$ خواهد شد.



ب) آزمایش تاب فشاری ملات سیمان:

❖ با آب استانداردی که از آزمایش میز جـریان بدست آمد (یا کارشناسان محترم آزمایشگاه پیشنهاد مـی‌کنند)

ملات ماسه سیمان را همانند شیوه‌ای که در آزمایش میز جریان آورده شده است، فراهم کنید.

❖ یک قالب سه مکعبی روغنکاری شده را روی میز لرزه بگذارید.

❖ قالب را در سه لایه پر کرده و در هر لایه آنرا یک دقیقه بلرزانید.

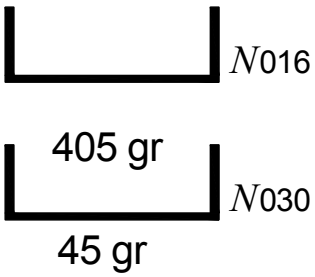
❖ رویه قالب‌ها را تخت و پاک کرده و با راهنمائی کارشناسان آزمایشگاه آنرا در جای نمناک و گرم بگذارید.

❖ نمونه‌ها را پس از ۳، ۷ و ۲۸ روز زیر جک قرار داده و تاب فشاری آنها را بدست آورید و روند افزایش تاب را بررسی کنید.

❖ تاب فشاری: $\sigma_C = \frac{\text{نیروی جک } kg}{\approx 5\times 5 cm^2} = \square \ {}^{kg}/_{cm^2}$

پ) آزمایش تاب کششی ملات سیمان:

- ❖ $85cm^3$ آب در به‌همزن ریخته شود.
- ❖ $150gr$ سیمان به آب افزوده شود و $30sec$ با سرعت 140 دور در دقیقه به‌هم زده شود.
- ❖ 450 گرم ماسه در به‌همزن ریخته شود و با سرعت 285 دور در دقیقه $30sec$ به‌هم زده شود.



- ❖ ملات ۱/۵ دقیقه رها شود و پس از انباشته شدن در میانه به‌همزن، یک دقیقه با سرعت 285 دور در دقیقه به‌هم زده شود.
- ❖ یک قالب سه نمونه‌ای روغنکاری شده، به آرامی با ملات پر شده و لرزانده شود.
- ❖ رویه قالب را تخت و پاک کرده و با راهنمائی کارشناسان آزمایشگاه آنرا در جای نمناک بگذارید.
- ❖ نمونه‌ها را پس از ۳ و ۷ و ۲۸ روز با جک کشیده و تاب کششی آنها را بدست آورید.

❖ تاب کششی: $\sigma_t = \frac{\text{نیروی جک } kg}{\text{مساحت مقطعی که با کشش میگسلد}}$