بسم الله الرحمن الرحيم

فصل هفتم:

خواص بتن سخت شده

Properties of condensed concrete

❖خواص بتن سخت شده *The properties of condensed concrete*

۱- عمل آوری بتن *Curing*

تا وقتی که سیمان کاملاً هیدراته نشده است. بایستی در معرض رطوبت بیش از ۸۰٪ قرار گیرد تا عمل هیدراسیون تکمیل شده و بتن مقاومت خود را کسب نماید.

روش های عمل آوری

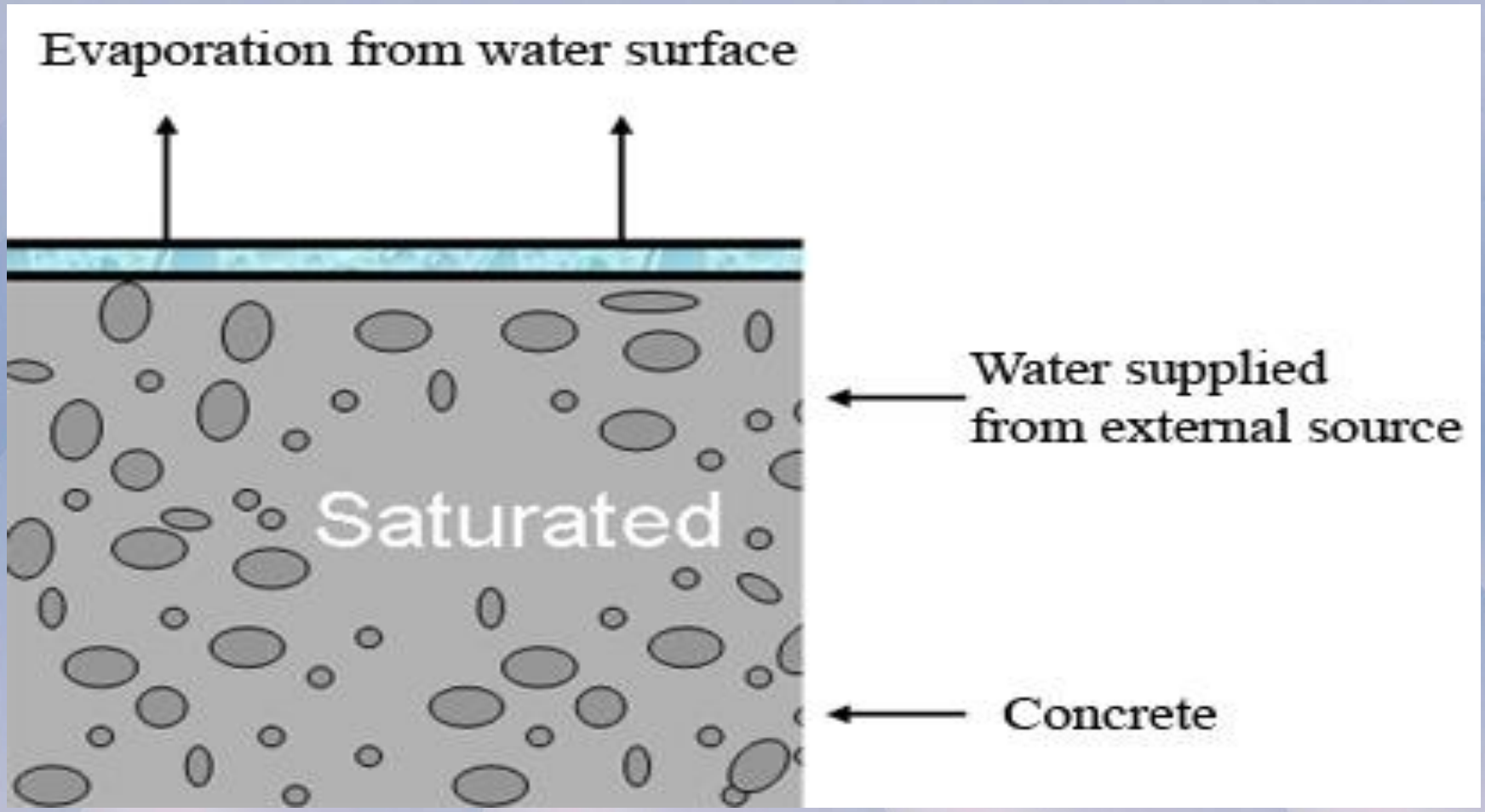
۱- غوطه آوری در آب ، آب پاشی، پوشش های خیس اشباع

۲- اندود کردن سطح

۳- تسریع درعمل آوری بااستفاده از بخار یا گرما
(در کارخانه های پیش ساخته)

ایجاد برکه آب

ایجاد حوضچه آب

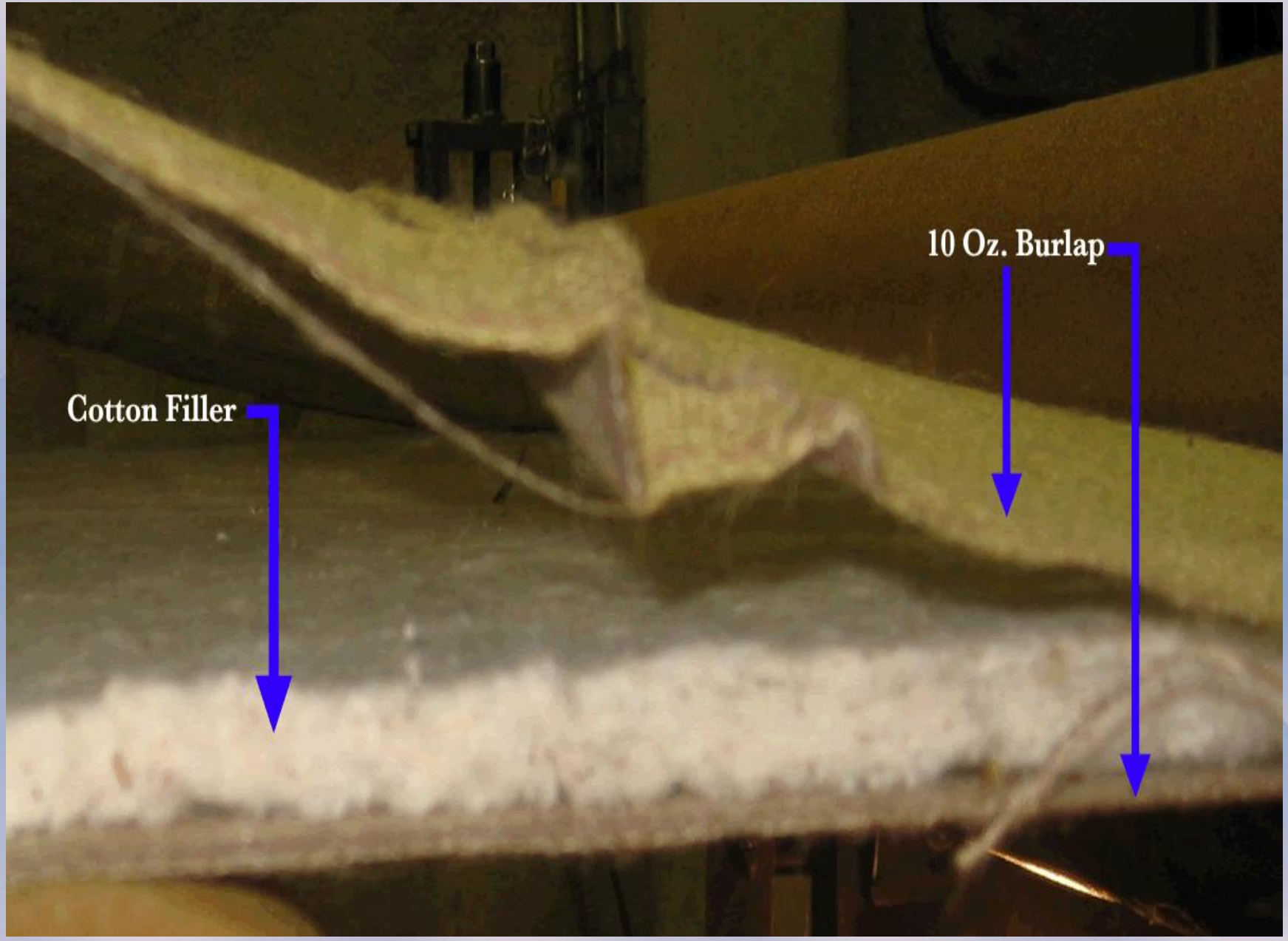


ایجاد مه یا جریان بخار آب

Good fogging

Applying curing compound while concrete is still fresh

روش استفاده از پوشش های خیس


10 Oz. Burlap
Cotton Filler

استفاده از مواد محافظ

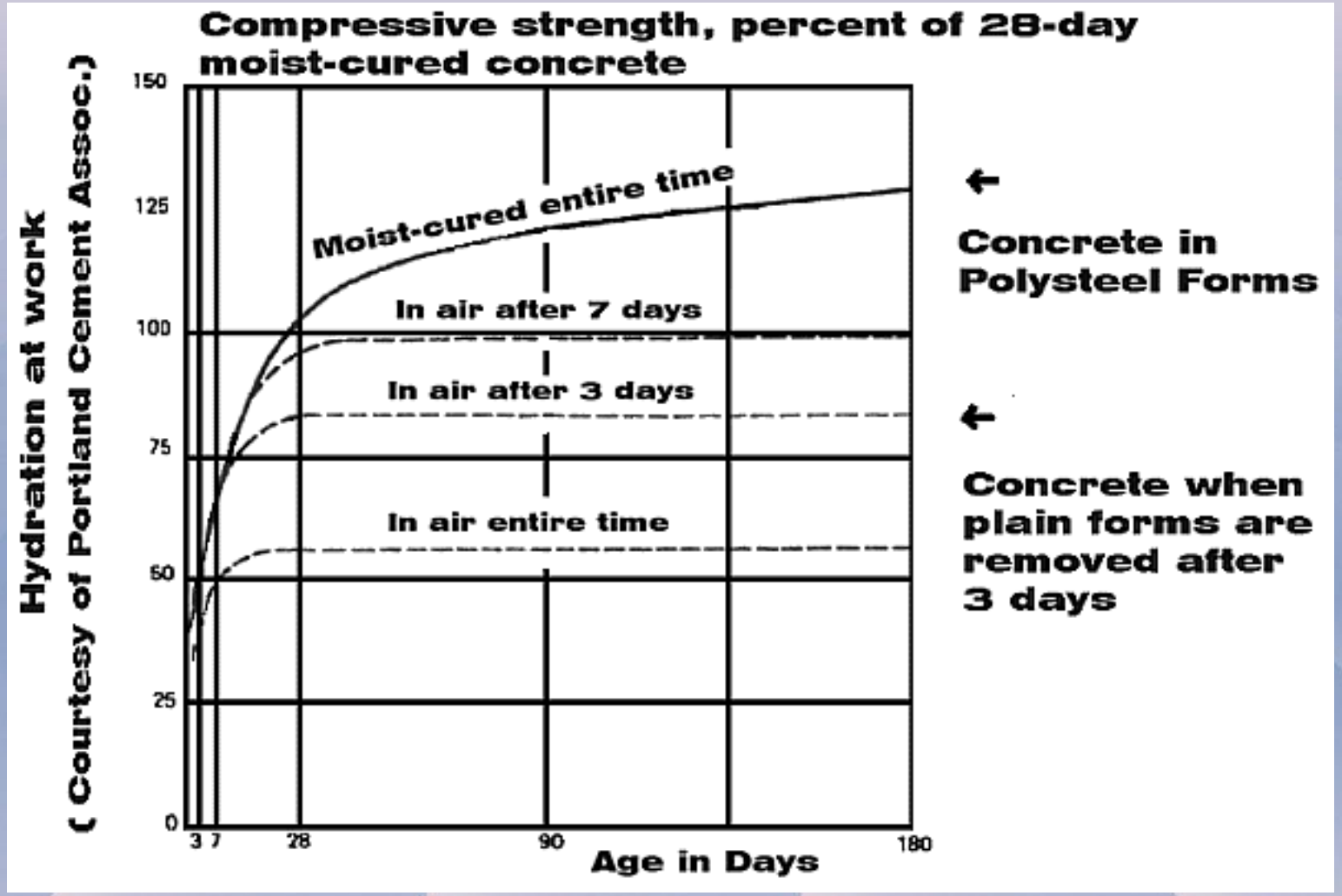
پوشش های عایق (برودتی، رطوبتی)

پوشش های عایق (برودتی، رطوبتی)

Fig.12-6. Impervious curing paper is an efficient means of curing horizontal surfaces. (IMG12361)

❖ مدت زمان عمل آوری

- مدت زمان عمل آوری بتن تا کسب ۷۰٪ مقاومت بتن (تقریباً مقاومت ۷ روزه) بایستی عمل آوری ادامه پیدا کند.
- مدت عمل آوری بستگی به درجه حرارت ونوع سیمان مصرفی ویاافزودنی در بتن دارد.
- می توان ابتداء بتن شاهدی ساخت ومدت زمانی که بتن ۷۰٪ مقاومت را کسب کرد زمان عمل آوری را بدست آورد.
- اگر عمل آوری قطع شود ودوباره ازسر گرفته شود، کسب مقاومت دوباره شروع می شود.


Compressive strength, percent of 28-day moist-cured concrete
Hydration at work
(Courtesy of Portland Cement Assoc.)
150
125
100
75
50
25
0
3
7
28
90
180
Age in Days
Moist-cured entire time
In air after 7 days
In air after 3 days
In air entire time
Concrete in Polysteel Forms
Concrete when plain forms are removed after 3 days

❖ تاثیر درجه حرارت بر روی عمل آوری بتن

- در ۱۰- درجه سانتیگراد اصلاً هیدراسیون انجام نمی شود.
- در ۵- درجه سانتیگراد هیدراسیون خیلی کند انجام می شود.
- درحالت عمل آوری با بخار، اگر تونل بخار تحت فشار نباشد عمل آوری تا ۲ روز کافی است. اگر ۶۰ تا ۷۰٪ فشار باشد ۱ روزهم کافی است.
- اگر از روش گرما استفاده کنند قالب را گرم می کنند تا سرعت هیدراسیون افزایش یابد اما نه تا حدی که آب آن بخار شود.

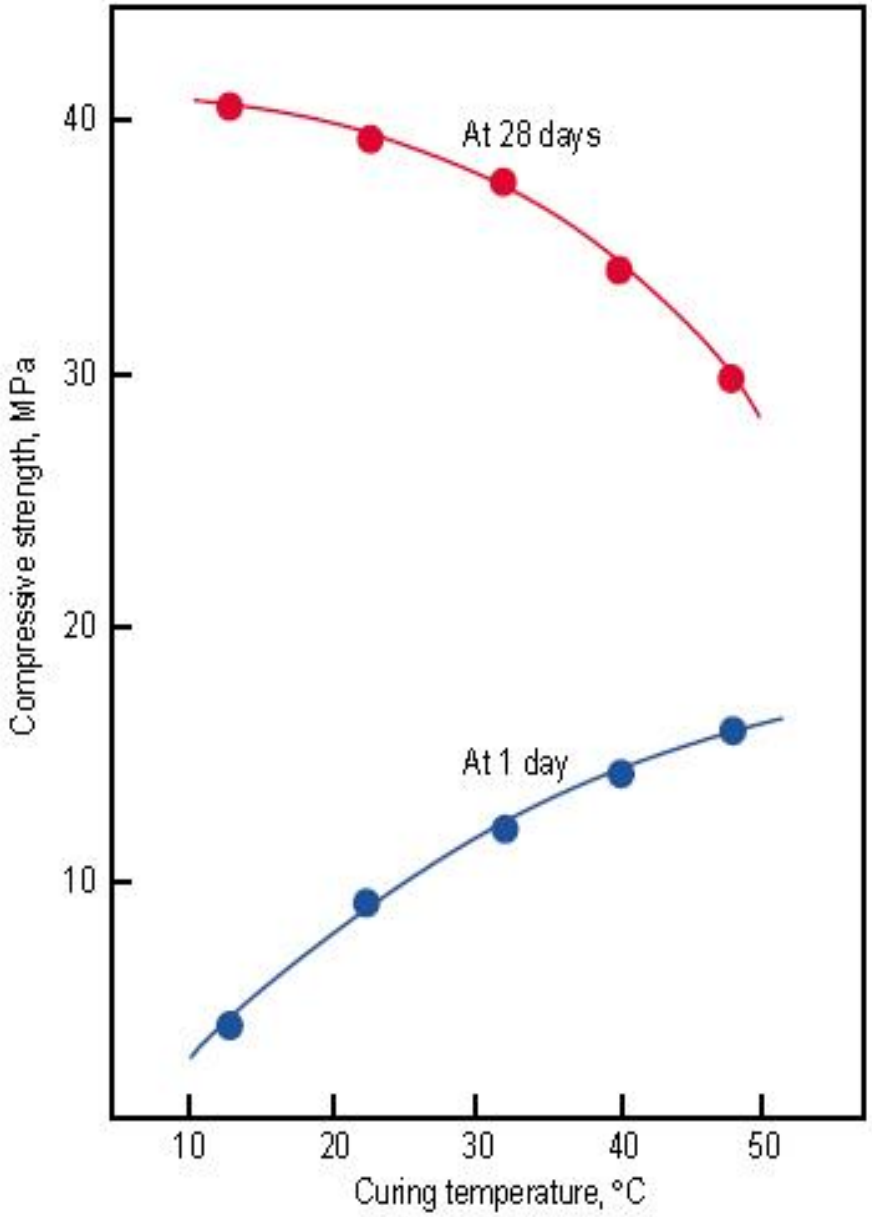


Fig. 12-11. One-day strength increases with increasing curing temperature, but 28-day strength decreases with increasing curing temperature (Verbeck and Helmuth 1968).

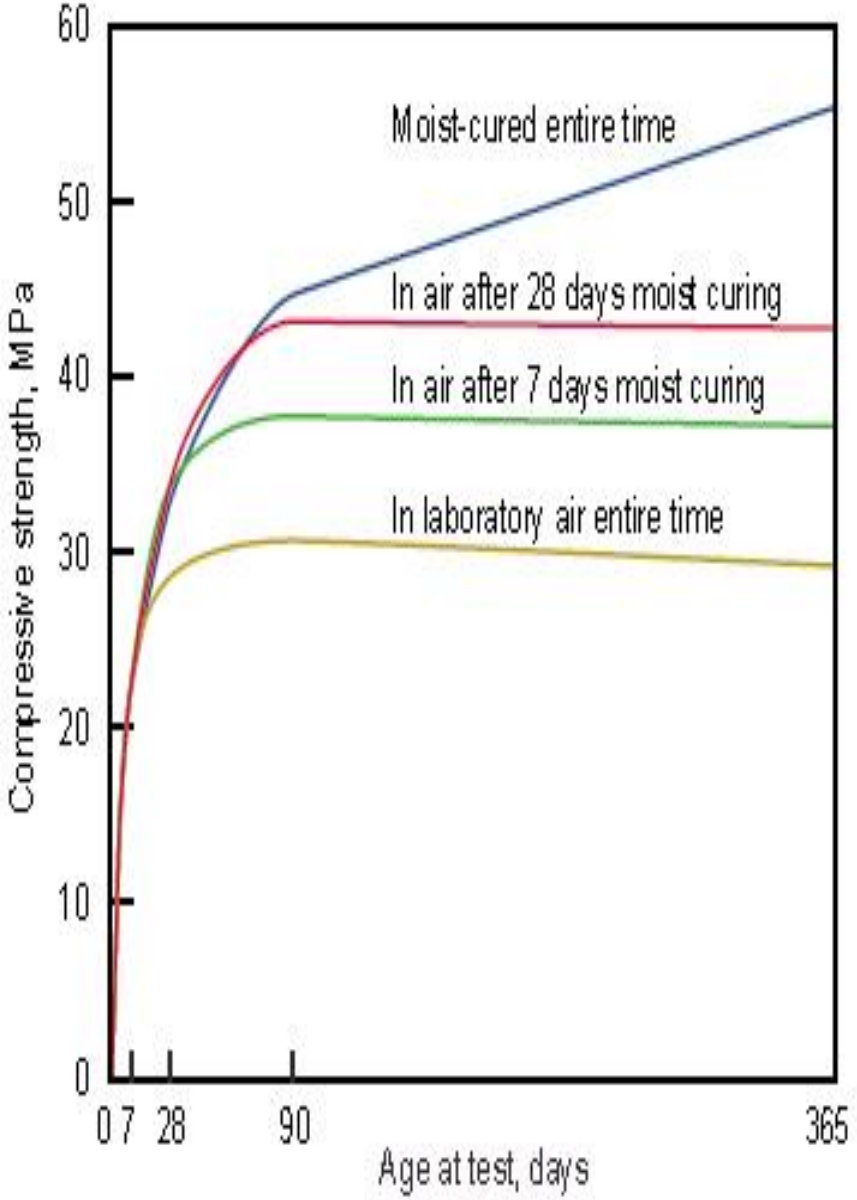


Fig. 12-2. Effect of moist curing time on strength gain of concrete (Gonnerman and Shuman 1928).

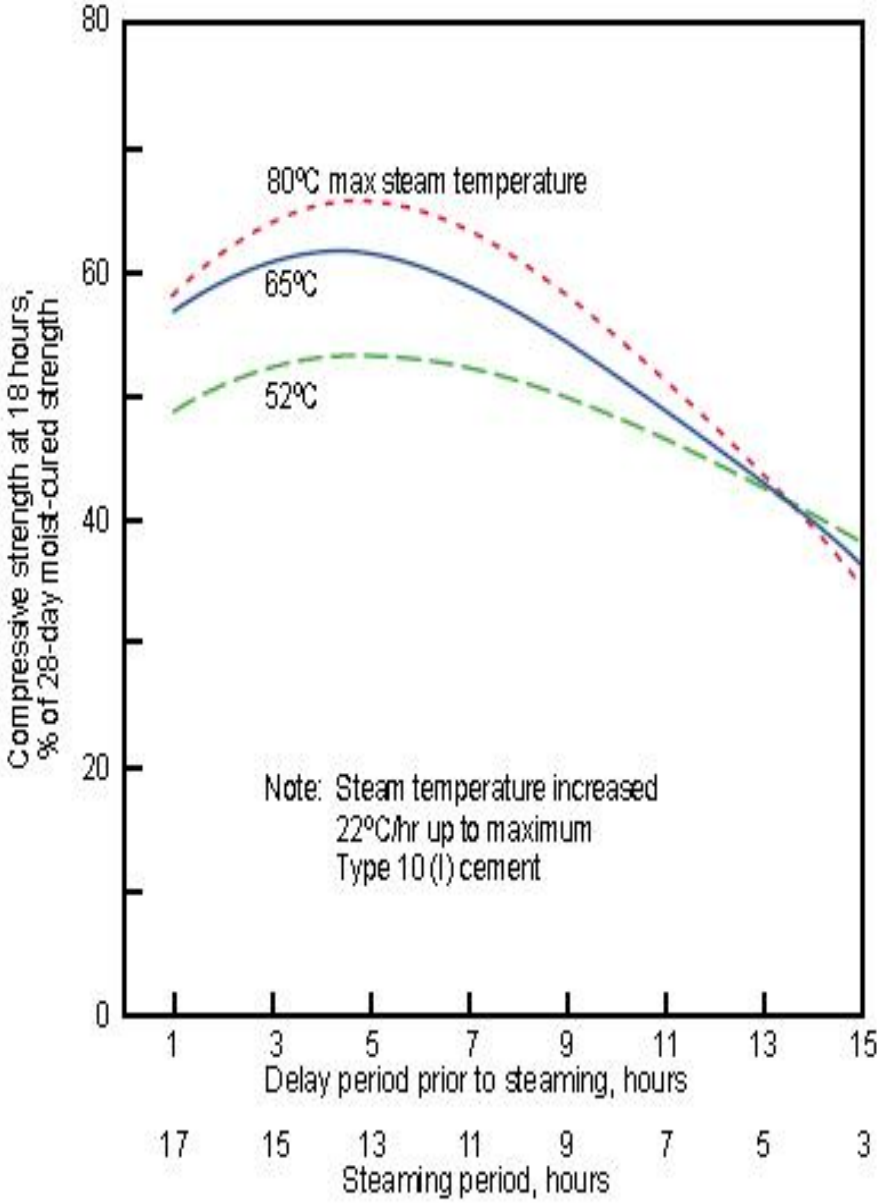
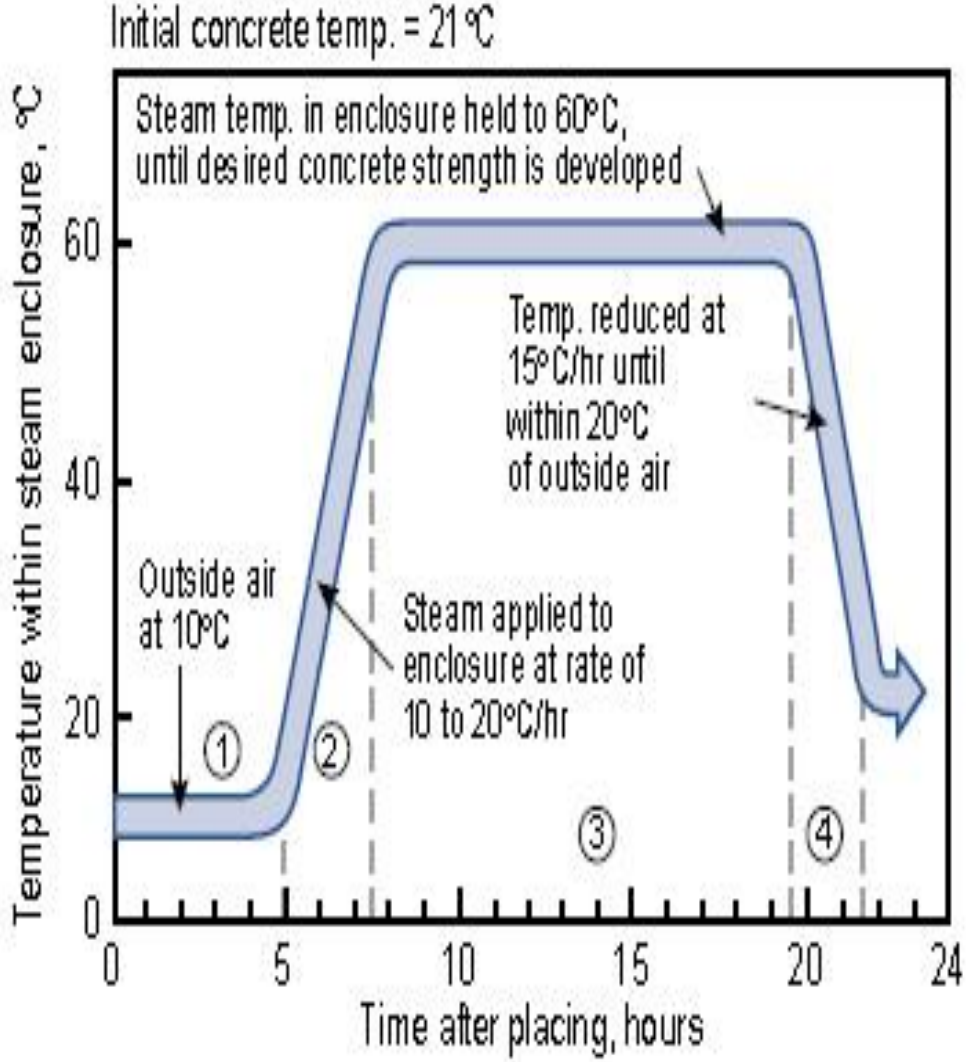


Fig. 12-10. Relationship between strength at 18 hours and delay period prior to steaming. In each case, the delay period plus the steaming period totaled 18 hours (Hanson 1963).



①	Initial delay prior to steaming	3 to 5 hours
②	Temperature increase period	2½ hours
③	Constant temperature period	6 to 12 hours*
④	Temperature decrease period	2 hours

❖ مزایای عمل آوری بتن

1- افزایش مقاومت بتن

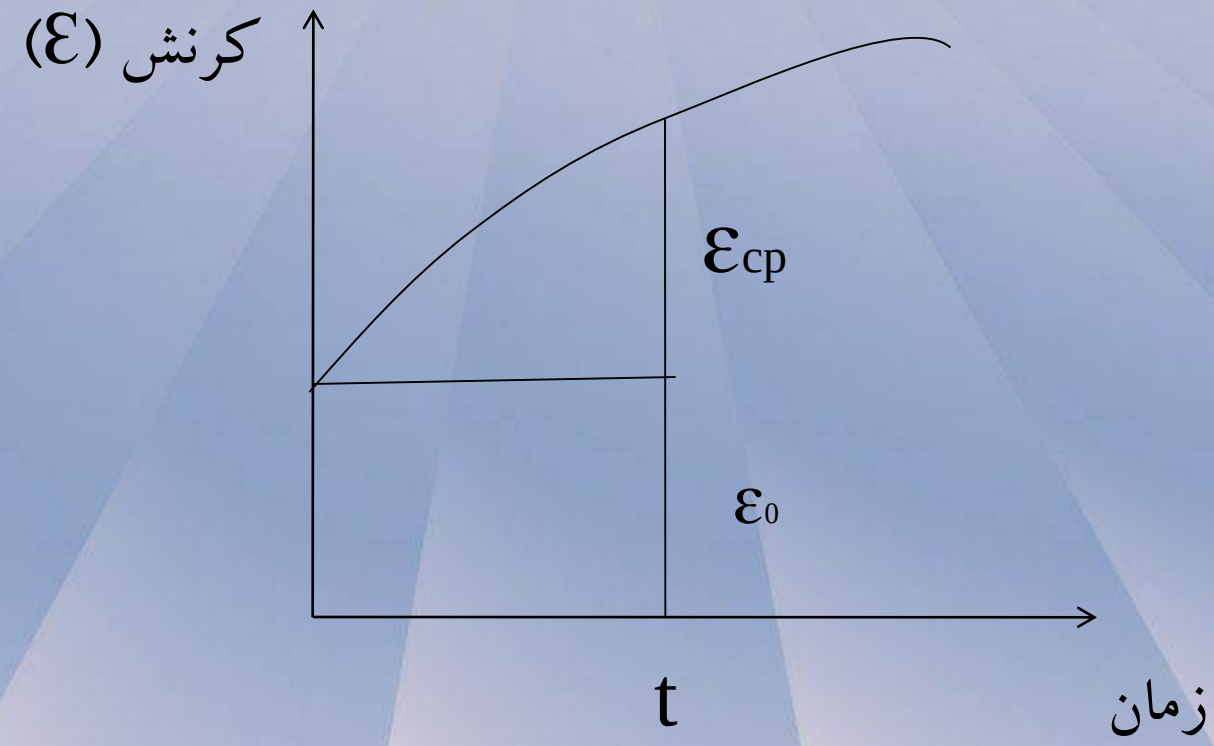
۲- افزایش دوام بتن- به علت کاهش ترک خوردگی و کاهش نفوذپذیری بتن

۳- افزایش مقاومت در برابر سایش

۴- کاهش میزان خزش در بتن *(Creep)*

۵- کاهش افت ناشی ازانقباض بتن*(Shrinkage)*

خزش: تغییر شکل بتن در اثر تنش ثابت در طول زمان



افت بتن: کاهش حجم بتن یا خمیر سیمان ناشی از عمل هیدراسیون سیمان

❖ عمل آوری بتن در هوای گرم

- دمای مناسب برای بتن ریزی ۱۰ تا ۱۶ درجه است.
- هرچه دما بیشتر باشد مشکلات زیر ایجاد می شود.

۱- افزایش سرعت گیرش سیمان

۲- تبخیرسریع آب مصرفی بتن ⟵ کاهش سریع کارآیی بتن

۳- ایجاد ترک های زیادی در سطح بتن ⟵ کاهش مقاومت و دوام

❖ پیش بینی های لازم برای بتن ریزی در هوای گرم

۱- استفاده از سیمان دیر گیر

۲- استفاده از افزودنیها

۳- استفاده از پوزولانها

۴- سرد کردن آب مصرفی (استفاده از یخ)

۵- سرد کردن قالب ها به وسیله ی آب پاشی

۶- خنک کردن و آب پاشی سنگدانه ها قبل از مصرف

۷- حداقل کردن زمان بتن ریزی

۸- بتن ریزی در شب یا صبح زود

Fig. 13-6. Substituting ice for part of the mixing water will substantially lower concrete temperature. A crusher delivers finely crushed ice to a truck mixer reliably and quickly. (IMG12265)

Fig. 12-7. Polyethylene film is an effective moisture barrier for curing concrete and easily applied to complex as well as simple shapes. To minimize discolouration, the film should be kept as flat as possible on the concrete surface. (IMG12360)

❖ عمل آوری بتن در هوای گرم

۱- مرتباً آب دهی

۲- استفاده از گونی های خیس یا پلاستیک

۳- استفاده از ماده اسپری کیورینگ *Curing*

❖ عمل آوری در هوای سرد

در دمای کمتر از ۱۰- درجه سانتیگراد بتن اصلاً خودش را نمی گیرد.

روش های مورد استفاده در بتن ریزی هوای سرد:

۱- بتن با سیمان بیشتر

۲- استفاده از سیمان زودگیر

۳- استفاده از مواد افزودنی

۴- استفاده از کلرور کلسیم بدون آرماتور

۵- استفاده از ضدیخ

افزایش سرعت گیرش

پائین آوردن نقطه ی انجماد بتن

۶- استفاده از موادحباب زا

❖ روش ها ی جلوگیری از یخ زدن

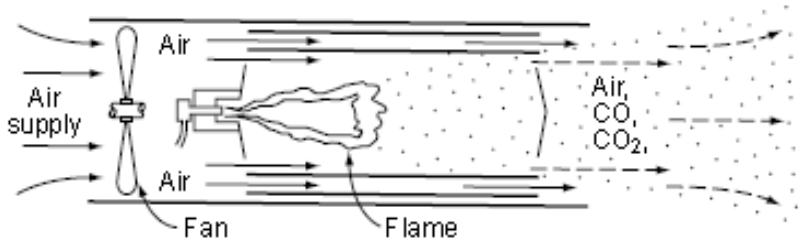
۱- استفاده از پشم و شیشه

۲- استفاده از بخار آب و کشیدن پلاستیک

۳- استفاده از بخاری در فضاهای بسته

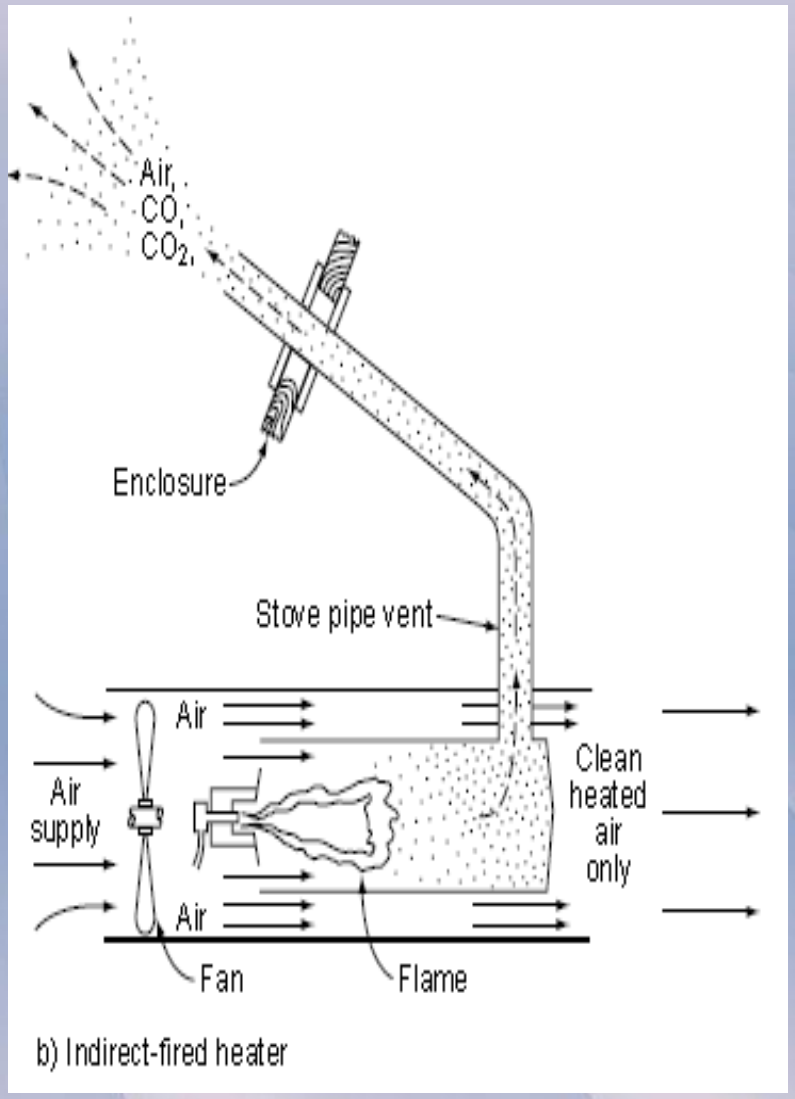
سیستم های گرما زا

Fig. 14-24. A direct-fired heater installed through the enclosure, thus using a fresh air supply. (IMG12206)



a) Direct-fired heater

Fig. 14-23. An indirect-fired heater. Notice vent pipe that carries combustion gases outside the enclosure. (IMG12275)



b) Indirect-fired heater

استفاده از کف نیتروژن

Fig. 13-1. Liquid nitrogen added directly into a truck mixer is an effective method of reducing concrete temperature for delivery to mass concrete placements or during hot-weather concreting. (IMG12357)

Fig. 14-11. Example of a concrete floor that was saturated with rain, snow, or water and then frozen, showing the need for air entrainment. (IMG12353)

Fig. 14-17. Even in the winter, an outdoor swimming pool can be constructed if a heated enclosure is used. (IMG12269)

Te

Don’t forget winter protection

❖ مقاومت بتن *Concrete Strength*

- ✓ مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مقاومت برشی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت خمشی، مقاومت در برابر ضربه، مقاومت در برابر یخ زدگی و ذوب شدگی، نفوذپذیری بتن، جمع شدگی، خزش بتن.

- ✓ چون همیشه امکان انجام همه آزمایش ها نیست، یک آزمایش را ملاک قرار داده و برحسب آن سایر معیارها را می سنجند که این آزمایش، آزمایش مقاومت فشاری است.

❖ مقاومت فشاری *Compressive strength*

مقاومت فشاری

در سیستمهای اروپایی *(CEB)* ⟵ f'_{cu} نمونه های مکعبی

Cubic ⟵ $15\times15\times15\ Cm$

در سیستمهای آمریکایی و ایران ⟵ f'_{c} نمونه های استوانه ای

Cylinder $15\times30\ Cm$

✓ سرعت اعمال نیرو $= 3\frac{mm}{\min}$

- مقاومت بتن در سنین ۳ روز، ۷ روز و ۲۸ روز (آنچه در محاسبات مهم است) انـدازه گیـری می شود.

منظور از f_c' مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوانه ای است.

- مقاومت ۷ روزه اندازه گرفته می شود. برای بتن های معمولی، تقریبا ۷۰ درصد مقاومت ۲۸ روزه است.
- در بتن های دیر گیر، بتن های پوزولانی وسرباره ای، ملاک مقاومت ۱۱ و ۲۲ و ۴۲ روزه است.

❖ آزمایش مقاومت فشاری

دمای آزمایشگاه بتن ⟵ ۲۳ درجه سانتیگراد

دمای آب ⟵ ۲۱ درجه سانتیگراد

نمونه استوانه ای حتماً باید کپینگ شود

$\frac{1}{3}$ گوگرد + $\frac{2}{3}$ ماسه ریز (ماسه بادی)

پودر دندان سازی

صاف کردن سطوح نمونه

✓ نمونه مکعبی نیازی به کپینگ ندارد زیرا ۵ سطح صاف دارد.

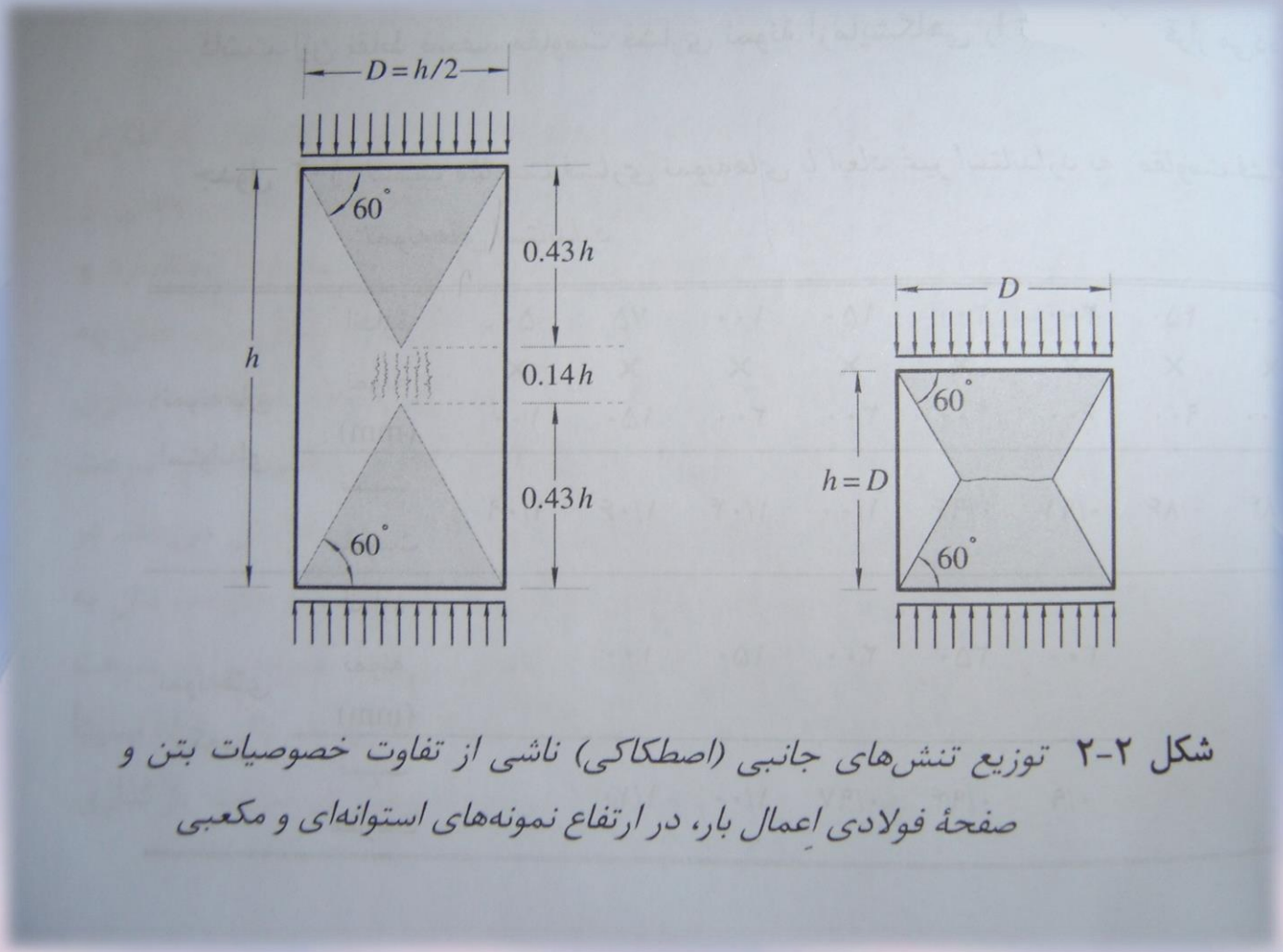
تبدیل مقاومت فشاری مکعبی به استوانه ای:

$$\frac{f_c^{'}}{f_{cu}^{'}} = 0.8$$

فرمول دقیق تر :

$$\frac{f_c^{'}}{f_{cu}^{'}} = 0.76 + 0.2 \ \log \frac{f_{cu}^{'}}{200}$$

✓ خطوط شکست در نمونه مکعبی یکدیگر را قطع می کنند، ولی در نمونه ی استوانه ای قطع نمی کنند.



شکل ۲-۲ توزیع تنش‌های جانبی (اصطکاکی) ناشی از تفاوت خصوصیات بتن و صفحهٔ فولادی اِعمال بار، در ارتفاع نمونه‌های استوانه‌ای و مکعبی

❖عوامل موثر در مقاومت فشاری

۱- نسبت آب به سیمان $\frac{W}{C}$ (مهمترین عامل) $\frac{W}{C}$ بیشتر ⟵ مقاومت کمتر

۲- کیفیت سنگدانه ها (هر چه شکسته تر، مقاومت بیشتر) و مقدار سنگدانه

۳- کیفیت سیمان (ترکیبات اصلی- ترکیبات فرعی- ریزی سیمان)

۴- پیوسته بودن سنگدانه ها

۵- کیفیت آب مصرفی

۶- شکل و اندازه ی نمونه ها (ابعاد نمونه ها)

نمونه مکعبی، مقاومت بیشتر

ابعاد کوچکتر، مقاومت بیشتر

۷- سن بتن

۸- نحوه ی نگهداری بتن

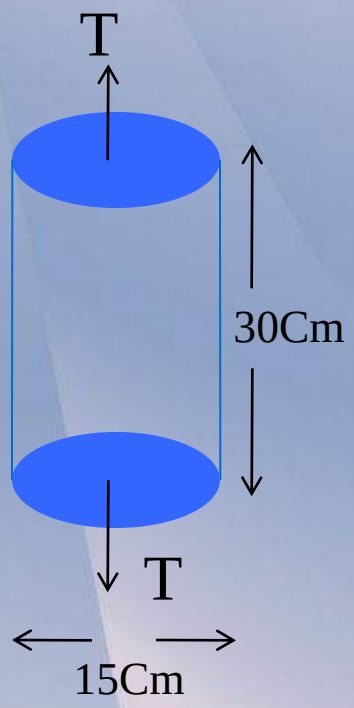
۹- اسلامپ یا کارایی بتن

❖ مقاومت کششی

آزمایش کشش مستقیم

$$\sigma_t = \frac{T}{A}$$

تنش کششی مستقیم



مقاومت کششی از طریق آزمایش برزیلی (آزمایش شکافت)

(حدود ۱۲٪ نسبت به آزمایش کشش مستقیم جواب های بیشتری می دهد.

تنش کششی

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD}$$

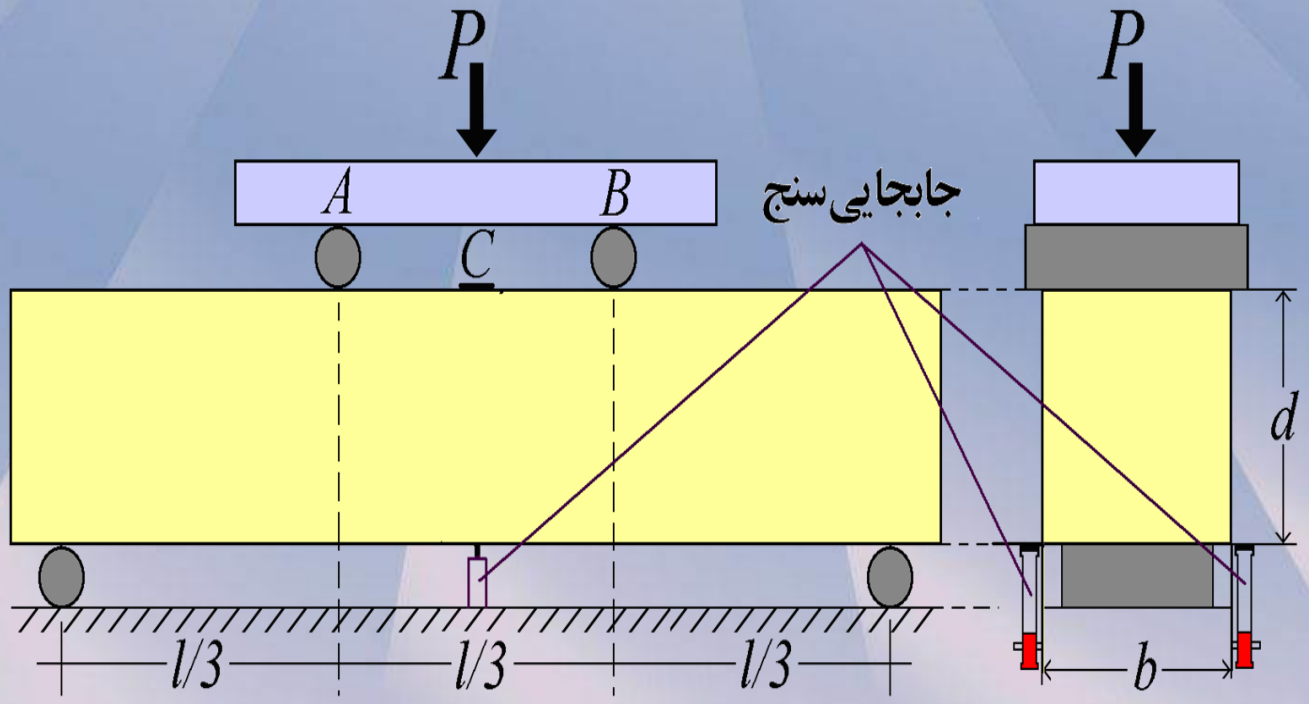
L= طول نمونه (معمولاً ۳۰ سانتیمتر)

D= قطر نمونه (معمولاً ۱۵ سانتیمتر)

مقاومت کششی از طریق خمش خالص *Flexural test*

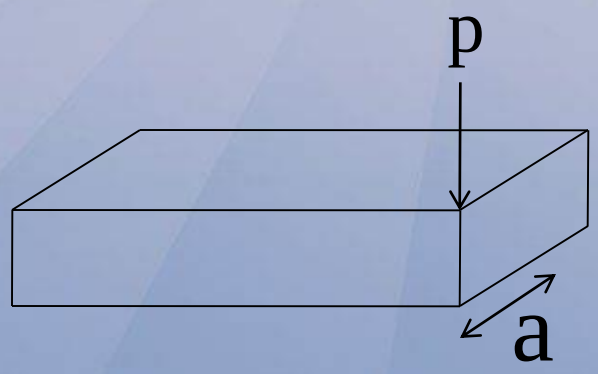
(حدود ۴۰٪ نسبت به آزمایش کشش مستقیم جواب های بیشتری می دهد)

$$f_t = \frac{M}{S}$$

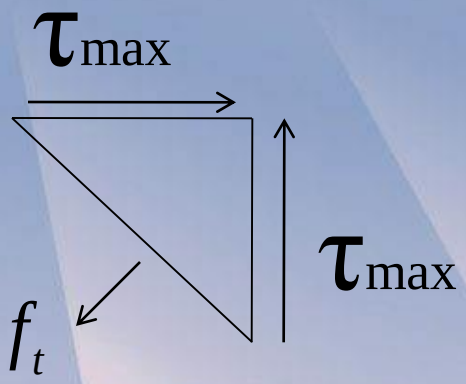


❖ مقاومت کششی از طریق اعمال پیچش

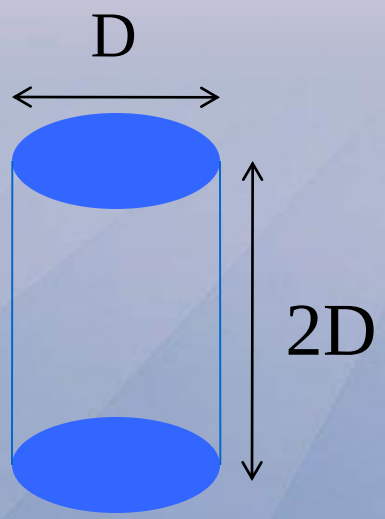
این روش معمولاً در کار های تحقیقاتی به کار می رود.



$$T = Pa$$



❖ روش های اندازه گیری مقاومت بتن اجراء شده



۱- مغزه گیری *(Coring)* ← روش مخرب

$5 \times 10 cm$

$10 \times 20 cm$

$15 \times 30 cm$

۲- چکش اشمیت ←——— روش غیر مخرب

باچکش ضربه ای به بتن می زنند، فنری در داخل چکش رها می شود. میزان برگشتن آن به سختی بتن بستگی دارد که به وسیله یک گراف، مقاومت تقریبی بتن اندازه گیری می گردد.

با تشکر از توجه شما