بتن ریزی در هوای گرم

تعریف هوای گرم

Detrimental hot weather conditions include:

- High ambient temperature.
- High concrete temperature.
- Low relative humidity.
- High wind speed.
- Solar radiation.

هر ترکیبی از **شرایط نامساعد زیر** که به کیفیت مخلوط بتن تازه یا بتن سخت شده آسیب بزند هوای گرم نامیده میشود.

- دمای بالای محیط
- دمای بالای بتن
- تابش تشعشعات خورشید
- وزش باد
- رطوبت نسبی پایین محیط

مبحث نهم مقررات ملی

۹-۸-۲-۱ در شرایط هوای گرم، دمای محیط زیاد، رطوبت نسبی کم و سرعت باد زیاد می‌باشد. این شرایط سبب کاهش کارایی و زمان گیرش، مقاومت فشاری و دوام بتن می‌شود. به هر حال، هرگاه دمای محیط بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد است، شرایط هوای گرم صادق است و اقدام به اجرای تدابیر الزامی می‌باشد.

- تبخیر با شدتی بیش از **1** کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت و ترجیحا 0/5 کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت

- در صورت تبخیر با شدتی بیش از **0.5** کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت در صورت وجود پوزولان های طبیعی و خاکسترباد‌ی

- در صورت تبخیر با شدتی بیش از **0/25** کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت در صورت وجود دوده سیلیسی و پوزولان های مصنوعی خیلی ریز با سطح ویژه زیاد مانند خاکستر بادی

ACI 305.1-06

Specification for Hot Weather Concreting

An ACI Standard

Reported by ACI Committee 305

hot weather—job-site conditions that accelerate the rate of moisture loss or rate of cement hydration of freshly mixed concrete, including an ambient temperature of 27 °C (80 °F) or higher, and an evaporation rate that exceeds 1 kg/m^2/h, or as revised by the Architect/Engineer.

ACI 305.1-06

Specification for Hot Weather Concreting

An ACI Standard

Reported by ACI Committee 305

3.2—Maximum allowable concrete temperature

3.2.1 Limit the maximum allowable fresh concrete temperature to 35 °C (95 °F), unless otherwise specified, or unless a higher allowable temperature is accepted by Architect/Engineer, based upon past field experience or preconstruction testing using a concrete mixture similar to one known to have been successfully used at a higher concrete temperature.

۹-۸-۲-۴-۱ دمای مخلوط بتن نباید بیشتر از ۳۲ درجه سلسیوس برای بتن معمولی و ۱۵ درجه سلسیوس برای بتن حجیم باشد.

1.5—Preplacement conference

1.5.1 At least 15 days before the start of the concrete construction schedule, hold a preplacement conference for the purpose of reviewing hot weather concreting requirements and mix designs.

1.5.2 Send a preplacement conference agenda on hot weather operations and procedures to representatives of concerned parties not less than 10 days before the scheduled date of the conference.

1.5.3 Preplacement conference shall include, but is not limited to, representation of Contractor, Concrete Subcontractor, Testing Agency, Pumping Contractor, and Ready-Mixed Concrete Producer.

1.5.4 Distribute the minutes of the preplacement conference to representatives of concerned parties within 5 days after the preplacement conference.

3.3—Qualification of concrete mixture proportions

3.3.3 *Laboratory trial batch*—Batch the laboratory concrete trial mixture within 2 °C (3 °F) of the proposed maximum allowable concrete temperature and mix in accordance with ASTM C 192/C 192M, except as modified herein. If necessary, move the laboratory mixer into an enclosed, heated and ventilated space, or use heated mixing water, or both, to achieve and maintain the proposed maximum allowable concrete temperature. For drum-type mixers, the concrete mixture shall remain in the mixer for 47 minutes after completion of the 3-minute initial mixing period unless specified otherwise. During the 50-minute period, cover the mixer opening with a non-absorbent material, such as plastic, to prevent moisture loss, and rotate the mixer continuously at an agitation speed of 6 to 8 rpm. For laboratory mixers without speed adjustments, simulate agitation by rotating the mixer continuously at a drum angle between 45 and 75 degrees from horizontal. At the end of 50 minutes, mix the concrete mixture at full mixing speed designated by the manufacturer (8 to 20 rpm) for 2 minutes.

During mixing and agitation periods for both drum-type and pan-type mixers, the addition of water, chemical admixture, or both, to adjust slump is permitted provided that the specified concrete mixture *w/cm* is not exceeded. As needed, check and adjust the slump of the concrete mixture during the middle 1/3 of the 50- or 44-minute laboratory trial mixing period.

3.3.3.1 The proposed concrete mixture shall meet the specified slump range at the end of the laboratory mixing period and meet the required strength at the specified test age.

3.3.4 *Field trial batch*—Batch the field concrete trial mixture within 2 °C (3 °F) of the proposed maximum allowable concrete temperature in a truck-mixer with a minimum batch size of 3 m^3 (4 yd^3). If necessary, move the truck mixer into an enclosed, heated, and ventilated space to achieve a concrete temperature within the specified tolerance of the proposed maximum allowable concrete temperature.

The concrete mixture shall be held in the mixer for 90 minutes, unless otherwise specified by the Architect/Engineer. During the entire 90-minute period, agitate the mixer at 1 to 6 rpm. At the end of 90 minutes, mix the concrete mixture at full mixing speed designated by the manufacturer (6 to 18 rpm) for 2 minutes. During mixing and agitation periods, the addition of water, chemical admixture, or both, to adjust slump is permitted provided that the specified concrete mixture *w/cm* is not exceeded. As needed, check and adjust the slump of the concrete mixture during the middle 1/3 of the 90-minute mixing period.

- تبخیر با شدتی بیش از **1** کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت و ترجیحا 0/5 کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت

- در صورت تبخیر با شدتی بیش از **0.5** کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت در صورت وجود پوزولان های طبیعی و خاکستربادی

- در صورت تبخیر با شدتی بیش از **0/25** کیلوگرم بر مترمربع در هر ساعت در صورت وجود دوده سیلیسی و پوزولان های مصنوعی خیلی ریز با سطح ویژه زیاد مانند خاکستر بادی

4.2.2 Menzel equation using vapor pressure tables

Determine the evaporation rate of surface moisture by use of the Menzel Formula:

$$W = 0.315(e_o - e_a)(0.253 + 0.060V) \text{ [SI units]}$$

$$W = 0.44(e_o - e_a)(0.253 + 0.096\text{V}) \text{ [U.S. Customary units]}$$

where

$W =$ mass of water evaporated in kg (lb) per m^2 (ft^2) of water-covered surface per hour;

e_o = saturation water vapor pressure in kPa (psi) in the air immediately over the evaporating surface, at the temperature of the evaporating surface. Obtain this value from Table 3.1(a) or (b). The temperature of the evaporating surface shall be taken as the concrete temperature;

e_a = water vapor pressure in kPa (psi) in the air surrounding the concrete. Multiply the saturation vapor pressure at the temperature of the air surrounding the concrete by the relative humidity of the air. Air temperature and relative humidity are to be measured at a level approximately 1.2 to 1.8 m (4 to 6 ft) above the evaporating surface on the windward side and shielded from the sun's rays; and

V = average wind speed in km/h (mph), measured at 0.5 m (20 in.) above the evaporating surface.

Table 3.1(a)—Saturation water vapor pressure (kPa) over water (SI units)

Air and concrete temperature, °C	Saturation pressure, kPa	Air and concrete temperature, °C	Saturation pressure, kPa
4	0.813	28	3.78
5	0.872	29	4.01
6	0.934	30	4.24
7	1.00	31	4.49
8	1.07	32	4.75
9	1.15	33	5.03
10	1.23	34	5.32
11	1.31	35	5.62
12	1.40	36	5.94
13	1.50	37	6.28
14	1.60	38	6.63
15	1.70	39	6.99
16	1.82	40	7.38
17	1.94	41	7.78
18	2.06	42	8.20
19	2.20	43	8.64
20	2.34	44	9.10
21	2.49	45	9.58
22	2.64	46	10.1
23	2.81	47	10.6
24	2.98	48	11.2
25	3.17	49	11.7
26	3.36	50	12.3
27	3.56		

Data source: *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 68th Edition, 1987, mathematically converted into kPa.

EXAMPLE OF MENZEL FORMULA (SI UNITS)

Air temperature	40 °C
Relative humidity	45%
Concrete temperature	35 °C
Wind speed V	16 km/h

From Table 3.1(a) for saturation pressure:
Concrete temperature of 35 °C: $e_o = 5.623$ kPa
Saturated water vapor pressure of air at 40 °C = 7.374 kPa
$e_a = 7.374 \times 0.45 = 3.3$ kPa (*limited to two significant figures by relative humidity value*)

Calculations: $W = 0.315(e_o - e_a)(0.253 + 0.060V)$

$W = 0.315(5.623 - (7.374 \times 0.45))(0.253 + (0.060 \times 16))$
(*precision on wind speed is two significant figures*)
(*precision on subtraction of vapor pressures limited to two significant figures*)

$W = 0.315(5.623 - 3.318)(0.253 + 0.96)$
(*precision on addition of 0.253 + 0.96 limited to two decimal places*)

$W = 0.315(2.3)(1.21)$
(*precision limited to two significant figures by 2.3*)

$W = 0.88$ kg/m^2/h

Uno (1998) identified these vapor pressure equations and combined them with the old Menzel equation to produce a unified equation that takes vapor pressure into account

$$E = 5([T_c + 18]^{2.5} - r \cdot [T_a + 18]^{2.5})(V + 4) \times 10^{-6} \text{ (SI units)}$$ **(ACI 305R-10)**

$$E = ۵([T_c + ۱۸]^{۲/۵} - r[T_a + ۱۸]^{۲/۵})(V + ۴) \times ۱۰^{-۶}$$ مبحث نهم

(۳-۸-۹)

که در آن:

E = سرعت تبخیر ($Kg/m^2/hr$)

r = رطوبت نسبی (تقسیم بر ۱۰۰)

T_a = دمای هوا (درجه سلسیوس)

T_c = دمای بتن در سطح (درجه سلسیوس)

V = سرعت باد (Km/hr) می باشد.

جدول ۹-۸-۱ تخمین سرعت باد

سرعت باد Km/h	مشاهدات
۱۱-۶	حرکت آرام برگ‌های درخت
۱۹-۱۲	حرکت برگ‌ها و شاخه‌های کوچک درخت
۲۸-۲۰	حرکت شاخه‌های بزرگ درخت
۳۸-۲۹	حرکت درخت‌های کوچک
۴۹-۳۹	حرکت شاخه‌های بزرگ

$$E = ۵([T_c + ۱۸]^{۲/۵} - r[T_a + ۱۸]^{۲/۵})(V + ۴) \times ۱۰^{-۶}$$

(۳-۸-۹)

EXAMPLE OF MENZEL FORMULA (SI UNITS)

Air temperature	40 °C
Relative humidity	45%
Concrete temperature	35 °C
Wind speed *V*	16 km/h

که در آن:

E = سرعت تبخیر ($Kg/m^2/hr$)

r = رطوبت نسبی (تقسیم بر ۱۰۰)

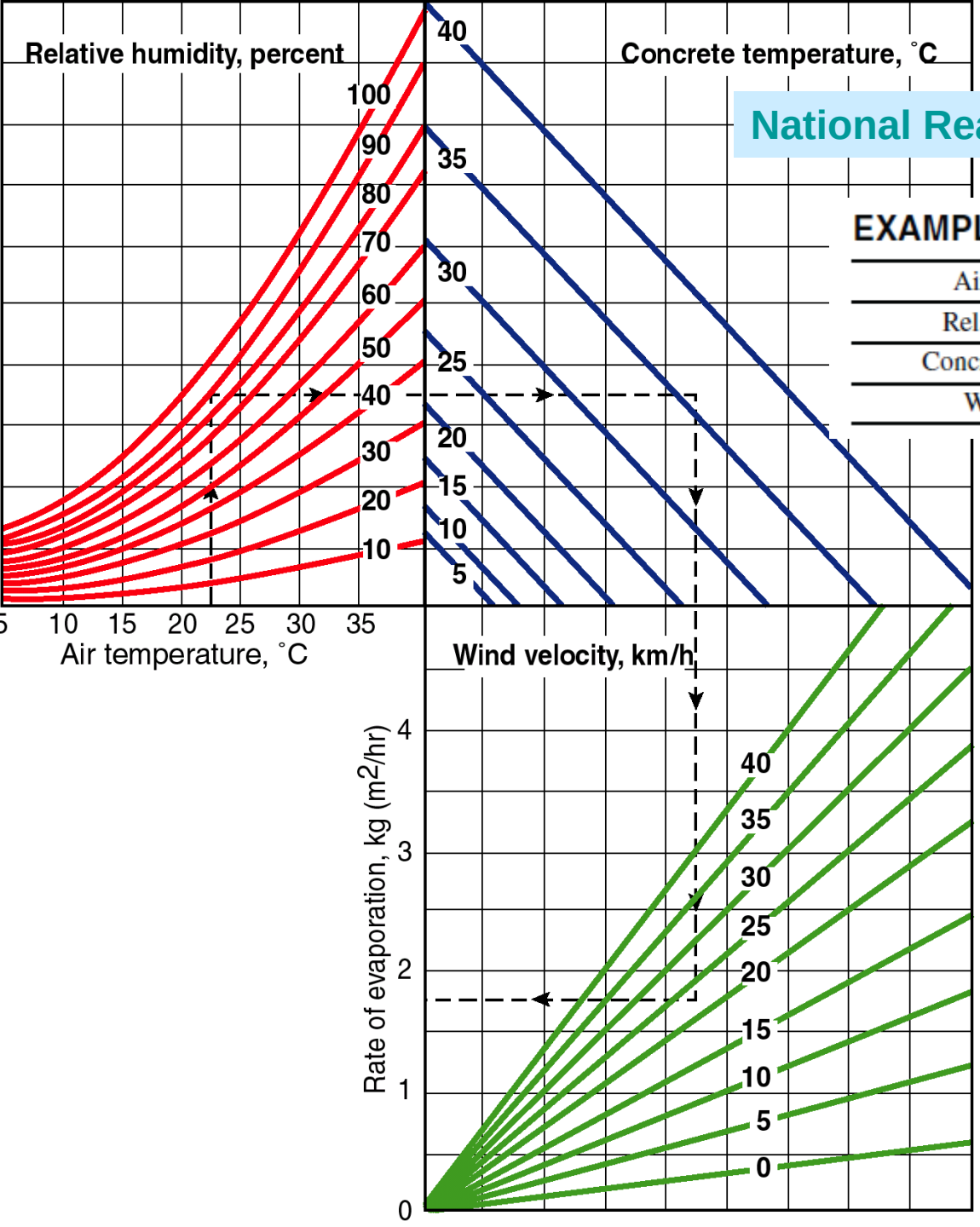
T_a = دمای هوا (درجه سلسیوس)

T_c = دمای بتن در سطح (درجه سلسیوس)

V = سرعت باد (Km/hr) می باشد.

E= 0.892 $kg/m^2/h$

National Ready Mixed Concrete Association



EXAMPLE OF MENZEL FORMULA (SI UNITS)

Air temperature	40 °C
Relative humidity	45%
Concrete temperature	35 °C
Wind speed V	16 km/h

E= 0.82 $kg/m^2/h$

مثال ۵ : اگر دمای هوا ۳۸°C، دمای بتن ۳۲°C و رطوبت نسبی هوا ۳۰ درصد باشد، هم چنین اگر سرعت باد ۱۶Km/hr منظور شود، شدت تبخیر در هر ساعت از واحد سطح چقدر است؟

حدود ۱/۱۵Kg/m^2 در هر ساعت

مثال ۶ : اگر در مثال فوق بخواهیم شدت تبخیر به کمتر از حدود ۱Kg/m^2 و ۰/۵Kg/m^2 برسد سرعت باد باید تا چه حدودی کاهش یابد؟

به ترتیب ۱۳Km/hr و ۵Km/hr

مثال ۷ : اگر در مثال فوق بخواهیم با افزایش رطوبت نسبی هوا به نتیجه مطلوب دست یابیم رطوبت نسبی باید در چه حدودی باشد؟

به ترتیب ۳۸ و ۶۵ درصد رطوبت نسبی هوا

مثال ۸ : اگر در مثال فوق بخواهیم با کاهش دمای بتن به نتیجه مطلوب دست یابیم، دمای بتن باید تا چه حدودی کاهش داده شود؟

به ترتیب ۳۰°C و ۲۵°C

مثال ۹ : اگر دمای هوا و رطوبت ثابت بماند و سرعت باد از ۸ به ۳۲ کیلومتر بر ساعت برسد، شدت تبخیر در حدود ۳ برابر می گردد.

مثال ۱۰ : اگر رطوبت و سرعت باد ثابت بماند و دمای هوا از ۱۶ به ۳۲ درجه سانتی گراد برسد، شدت تبخیر در حدود ۳ برابر می شود.

مثال ۱۱ : اگر دمای هوا و سرعت باد ثابت بماند و رطوبت نسبی هوا از ۹۰ به ۷۰ درصد برسد، شدت تبخیر در حدود ۳ برابر می گردد و اگر به ۵۰ و ۳۰ درصد کاهش یابد این شدت به ۴ و بیش از ۵ برابر می رسد.

مثال ۱۲ : اگر سرعت باد از ۸ به ۳۲ کیلومتر بر ساعت برسد و دمای هوا از ۱۶ به ۳۲ درجه سانتی گراد افزایش یابد و رطوبت نسبی از ۹۰ به ۷۰ کاهش یابد، شدت تبخیر در حدود ۹ برابر می گردد.

Hot Weather Effects on Concrete

- Increased water demand
- Accelerated slump loss
- Faster set
- Increased tendency for plastic cracking
- Difficulties controlling entrained air
- Increased potential for thermal cracking

Difficulties in Hot Weather

- Increased water demand.
- Accelerated slump loss.
- Increased rate of setting.
- Increased tendency of plastic shrinkage cracking.
- Critical need for prompt early curing.

Hot Weather Concreting

- Certain precautions should be taken in order to reduce the difficulties in hot weather conditions.
- Temperature ranging from 10 to 15˚C is desirable, but such temperatures are not always practical.
- Many specifications require that concrete when placed should have a temperature of less than 29 to 32˚C.

• اثـــرات هـــوای گـــرم بـــر خـــواص بـــتن

الف) افزایش آب مورد نیاز در طرح مخلوط

تقریبا" هر افزایش ۵ درجه سانتی گراد به حـدود ۳ لیتـر آب نیاز دارد. آب بیشتر - جمع شدگی - میل به ترک خوردگی

ب) آهنگ افت اسلامپ هر ۱۰°C حدود ۲ سانتیمتر

ج) افزایش آهنگ سفت شدن بتن و کاهش زمان گیرش

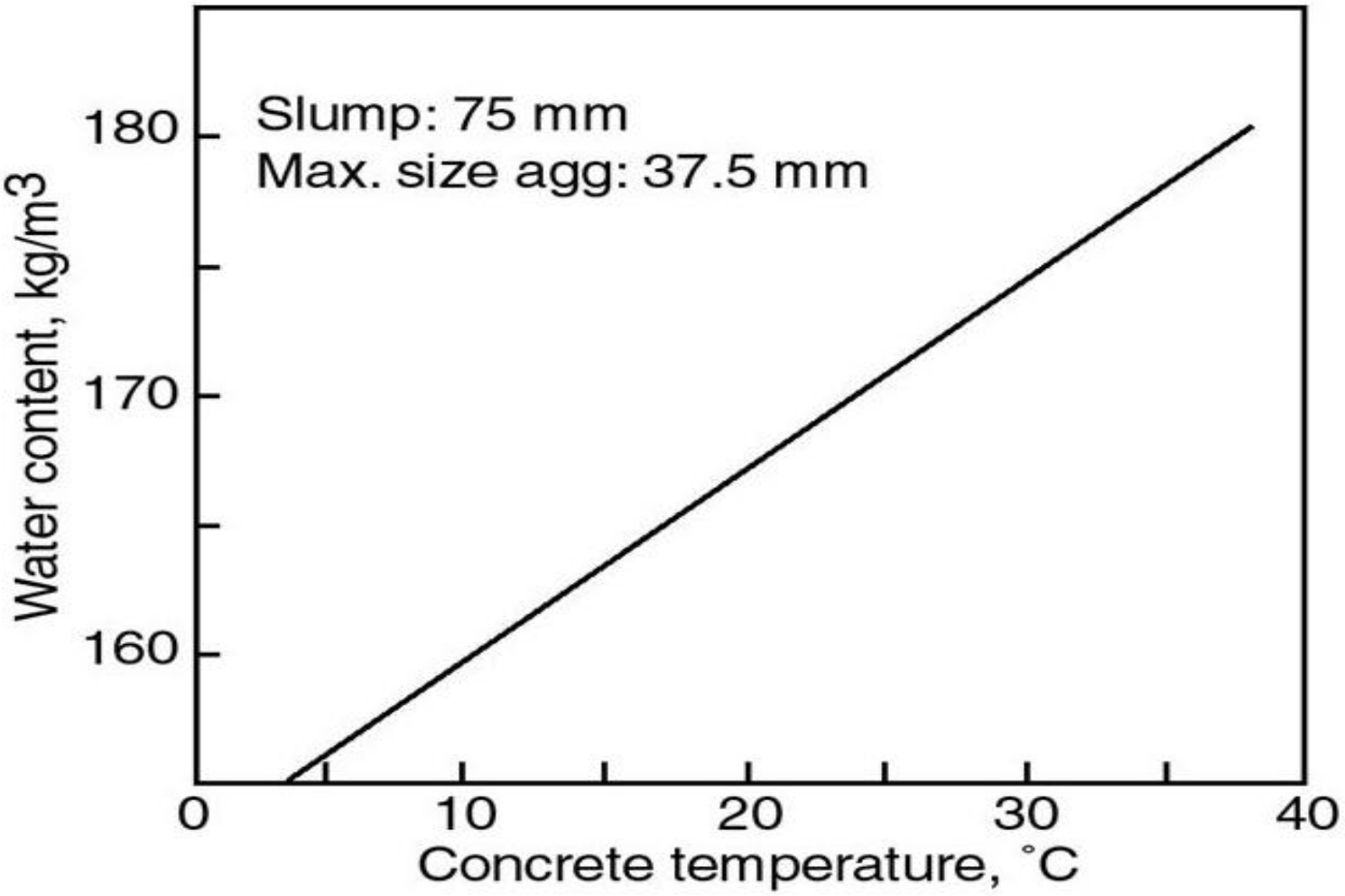
دمای محیط بیش از ۳۵°C این زمان به کمتر از نصف یا ثلث کاهش

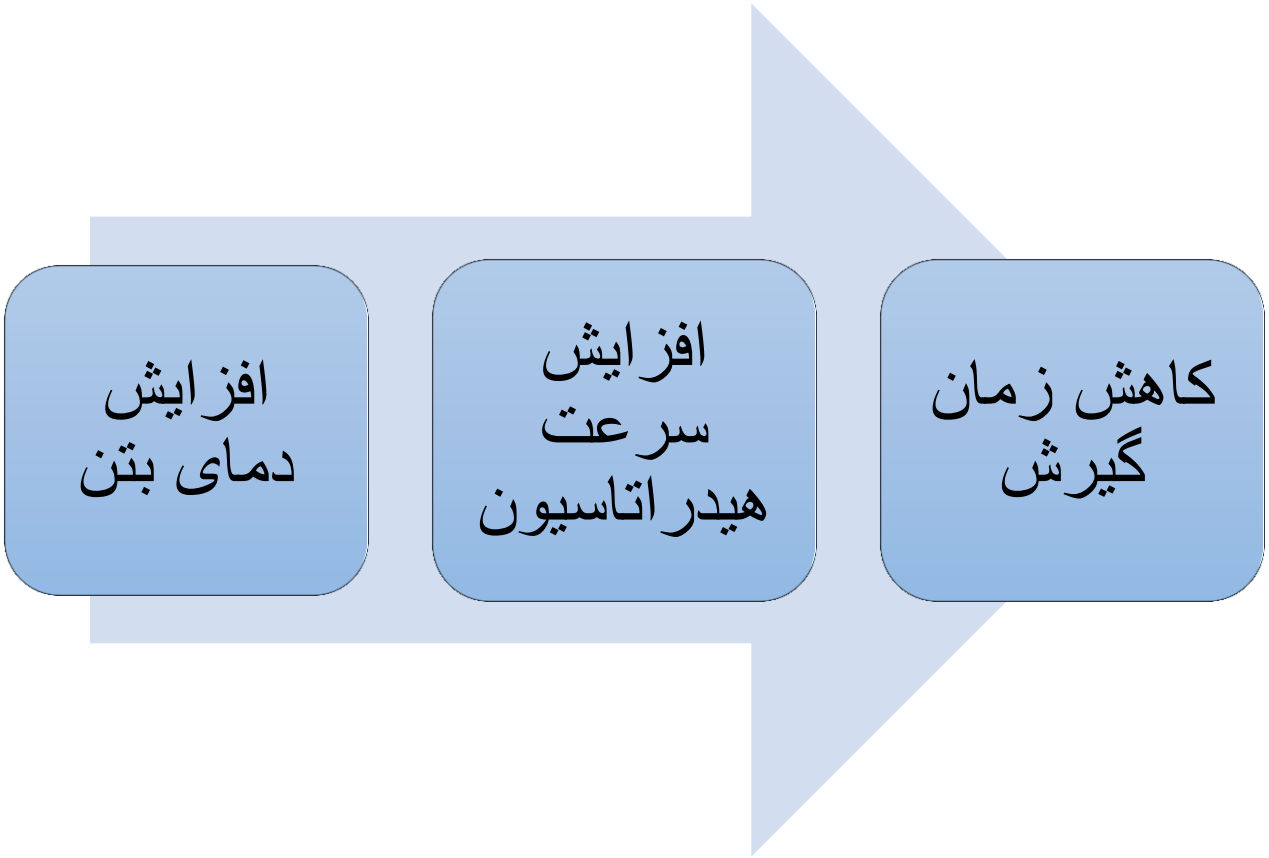
ه) اثرات نامطلوب بر مقاومت

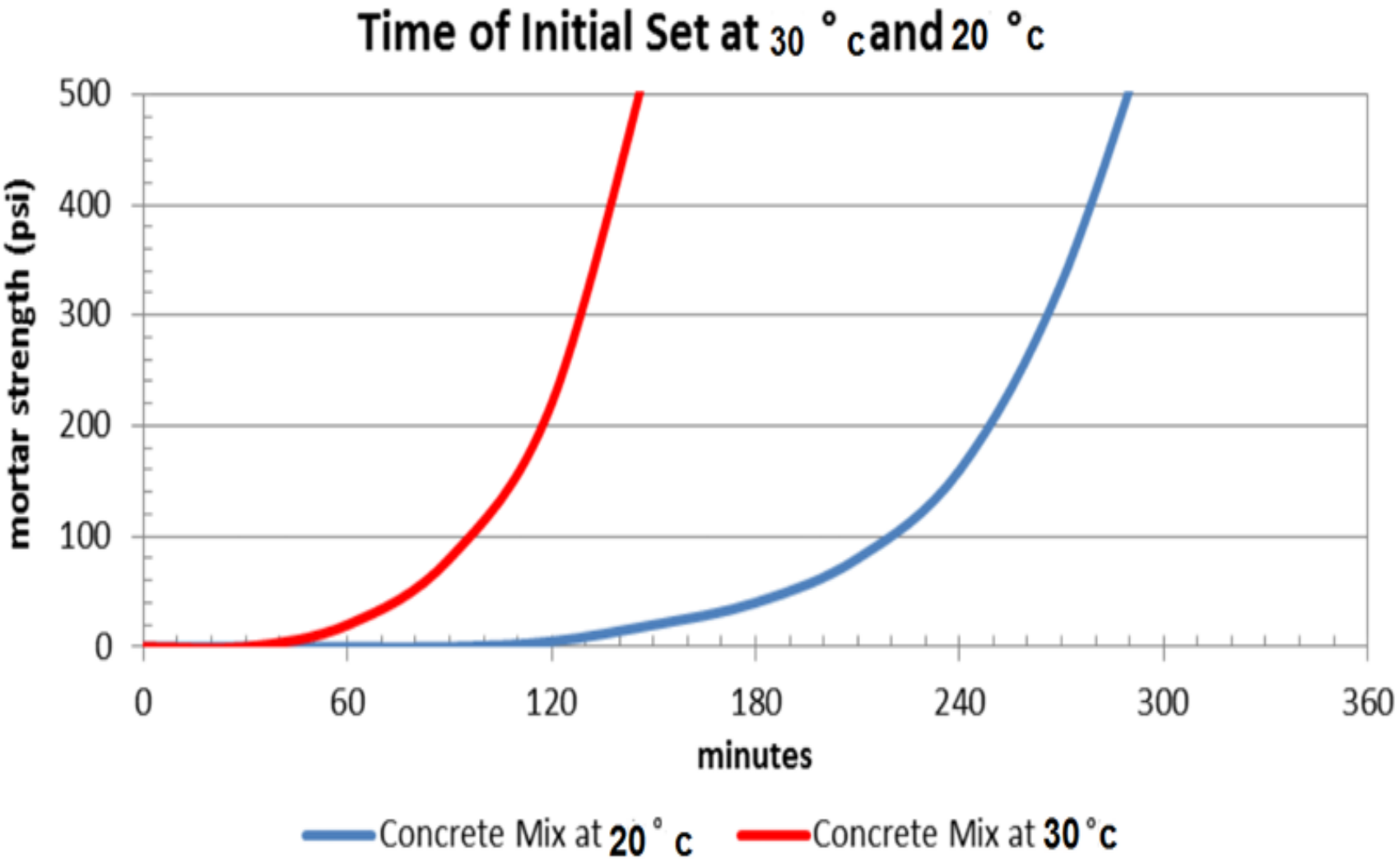
بتن تازه:

- افزایش سرعت هیدراتاسیون
- افزایش سرعت تبخیر آب اختلاط
- کاهش زمان گیرش
- کاهش فرصت براي پرداخت سطح بتن
- افزایش امکان تر ک خوردگی خمیری
- بروز مشکل در کنترل مقدار حباب هوای بتن

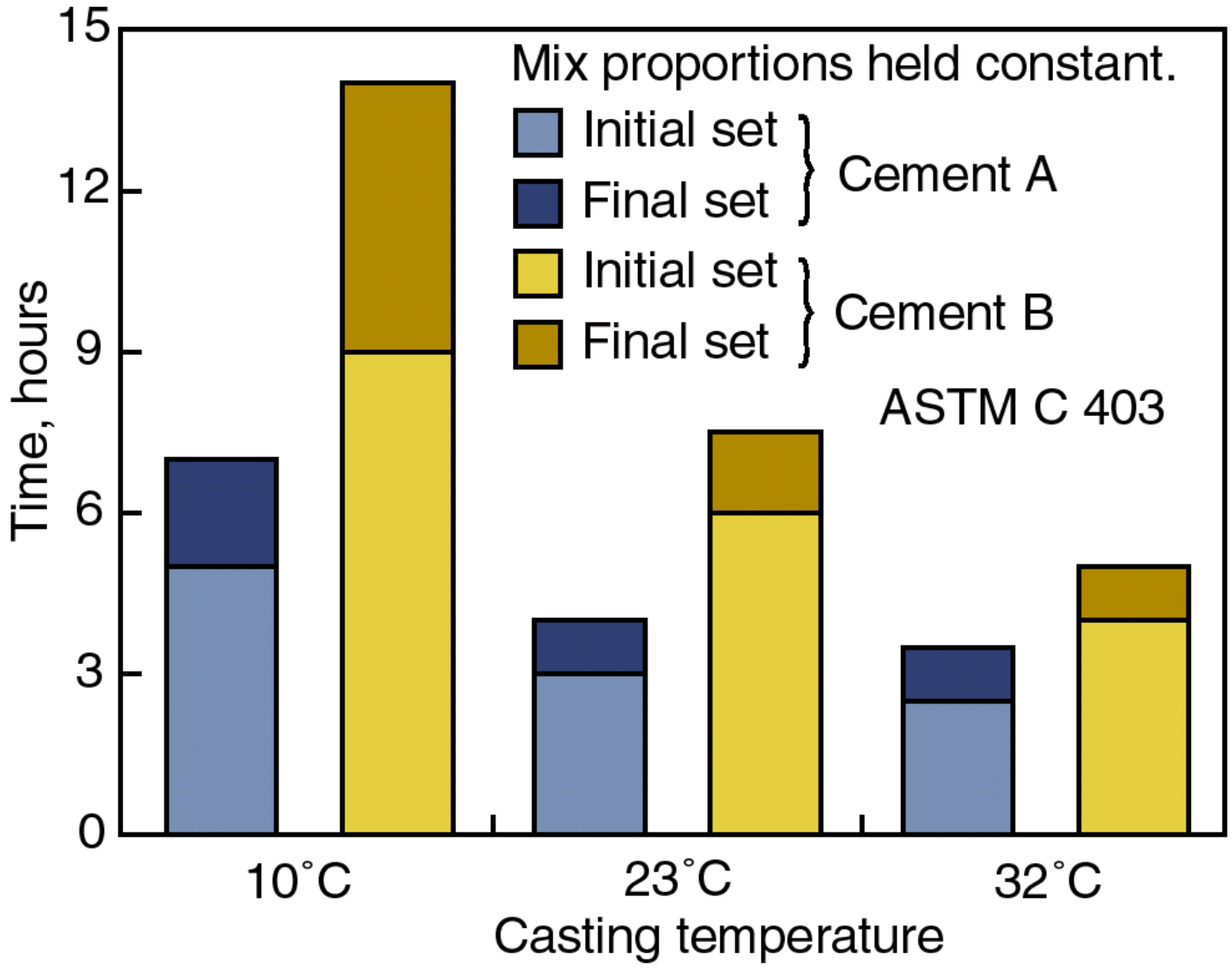
تاثیر هوای گرم بر آب مورد نیاز بتن تازه




افزایش دمای بتن
افزایش سرعت هیدراتاسیون
کاهش زمان گیرش


Time of Initial Set at 30 °c and 20 °c
mortar strength (psi)
500
400
300
200
100
0
0
60
120
180
240
300
360
minutes
Concrete Mix at 20 °c
Concrete Mix at 30 °c

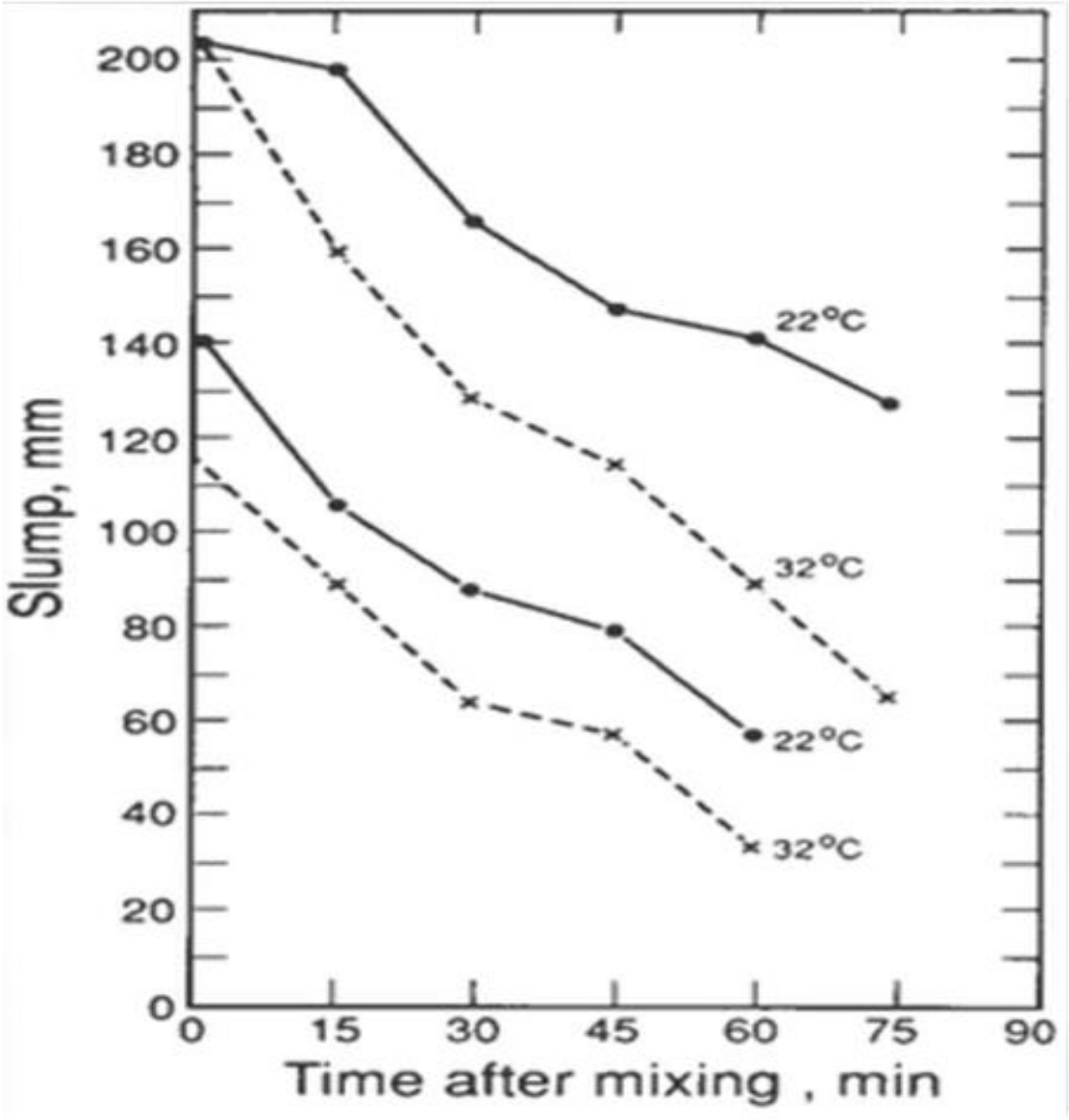
Effect of Concrete Temperature on Setting Time

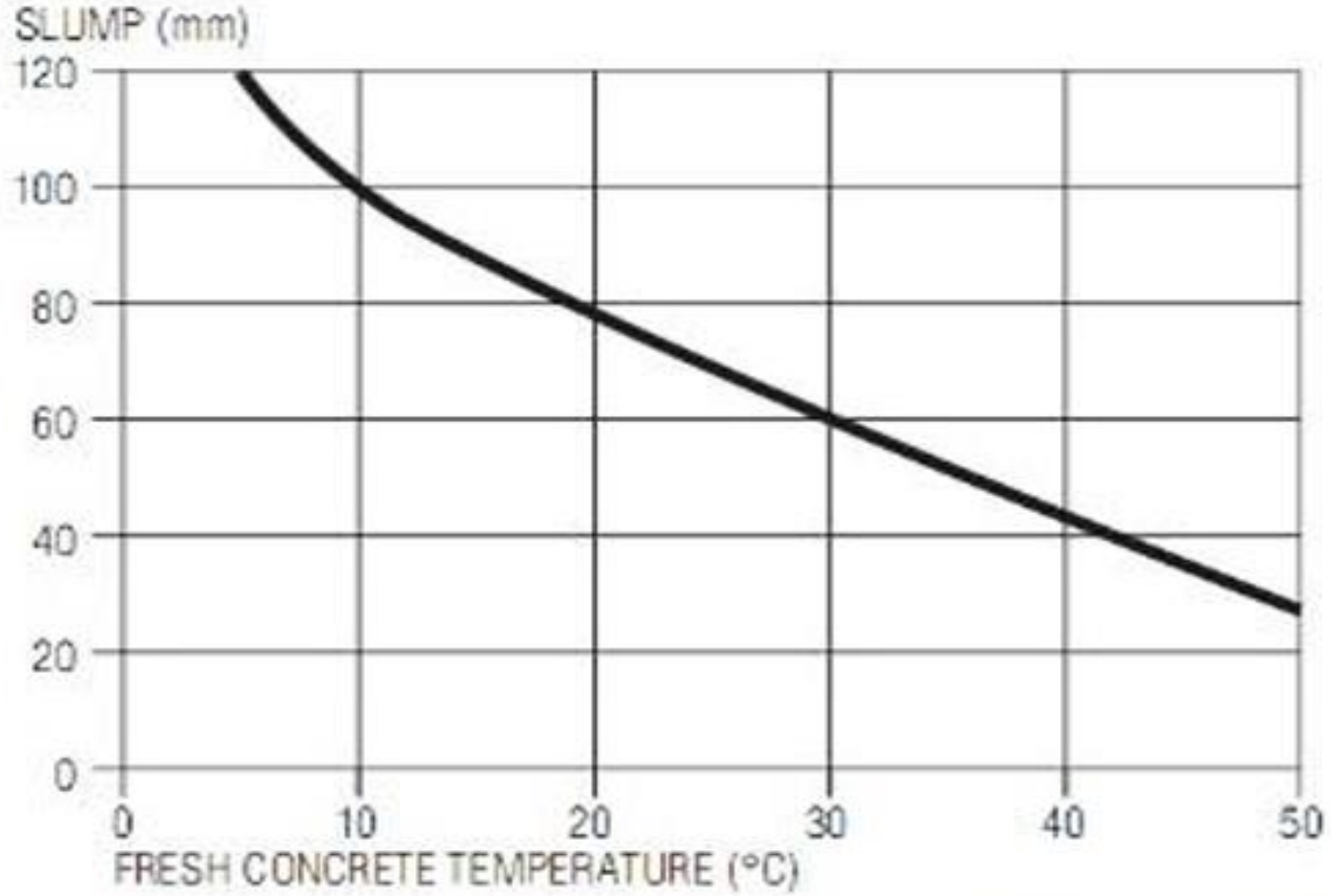


- افزایش نرخ افت اسلامپ

افزایش سرعت هیدراتاسیون

افزایش نرخ تبخیر


Slump, mm
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
15
30
45
60
75
90
Time after mixing , min
22°C
32°C
22°C
32°C

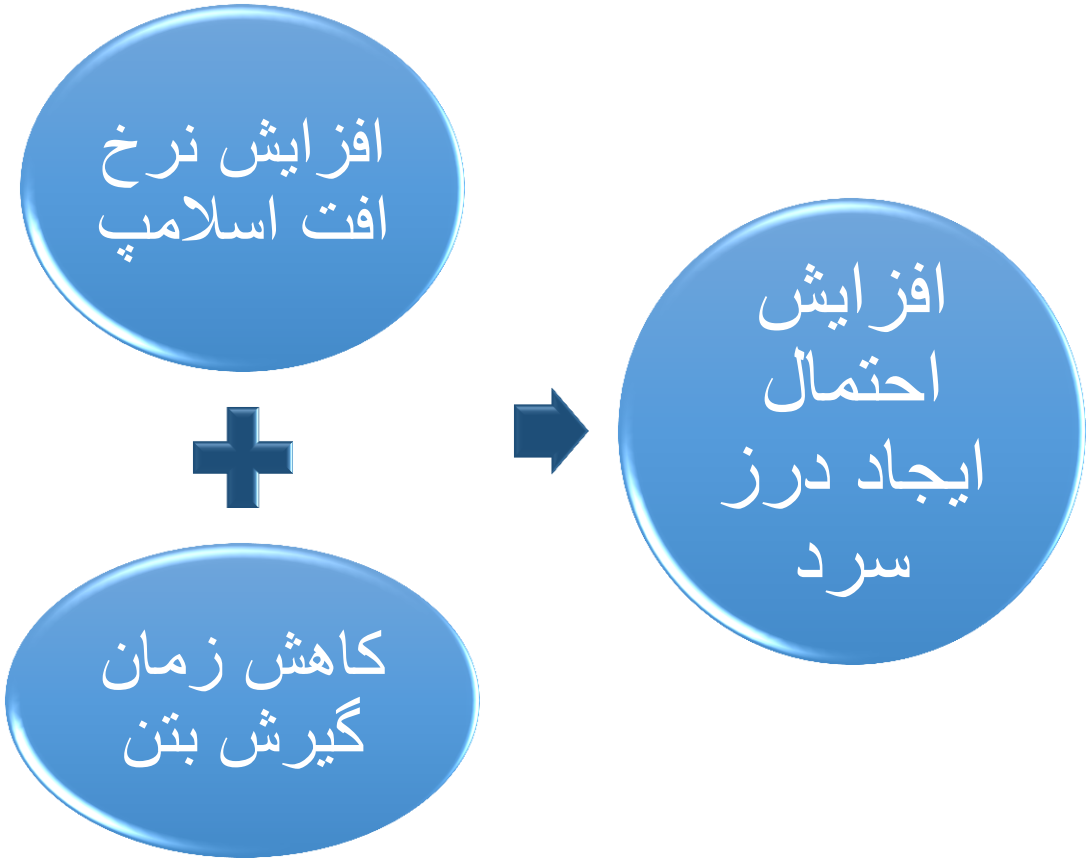

SLUMP (mm)
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
FRESH CONCRETE TEMPERATURE (°C)

الف) افزایش آب مورد نیاز در طرح مخلوط

تقریبا" هر افزایش ۵ درجه سانتی گراد به حدود ۳ لیتر آب نیاز دارد. آب بیشتر - جمع شدگی - میل به ترک خوردگی

ب) آهنگ افت اسلامپ هر ۱۰°C حدود ۲ سانتیمتر

- افزایش احتمال ایجاد درز سرد:

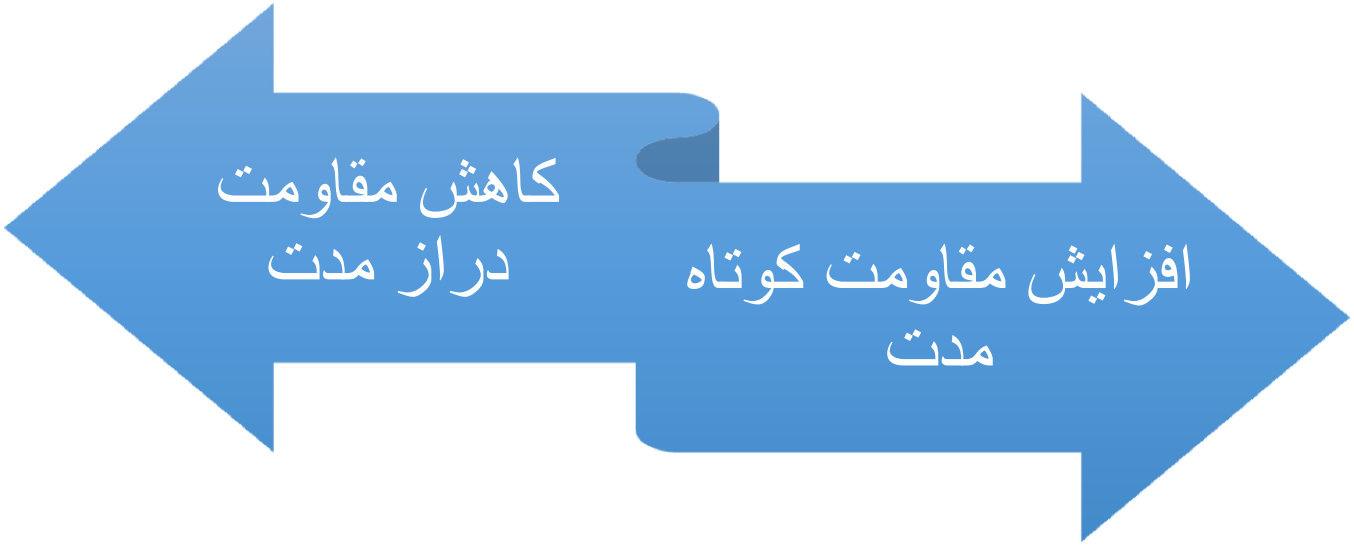


بتن سخت شده:

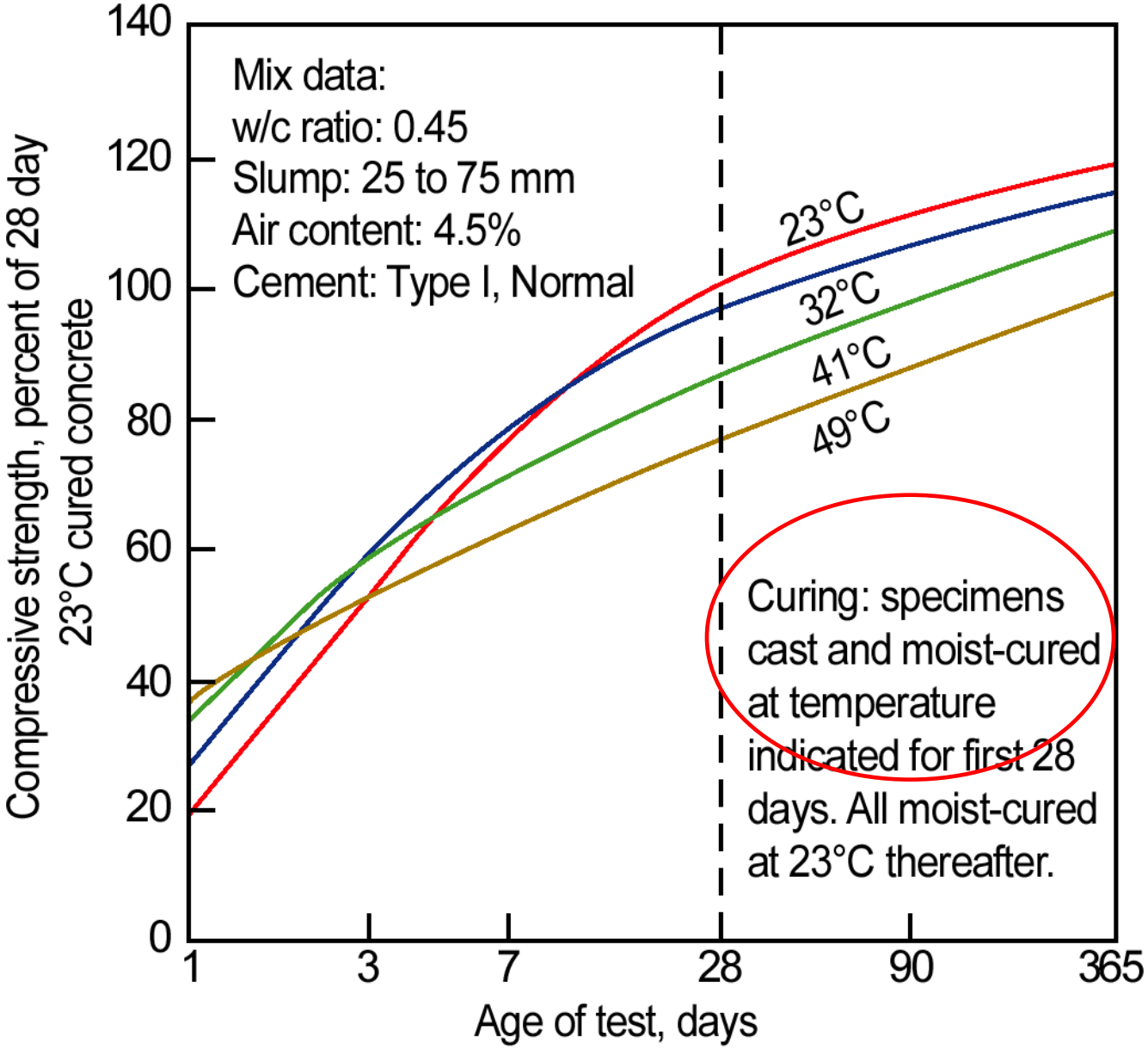
- افزایش تمایل به جمع شدگی ناشی از خشک شدن و ایجاد ترکهای حرارتی
- کاهش دوام بتن
- ایجاد خوردگی سریع تر میلگردها
- مشکلات ناشي از عمل آوري
- کاهش مقاومت نهايي بتن

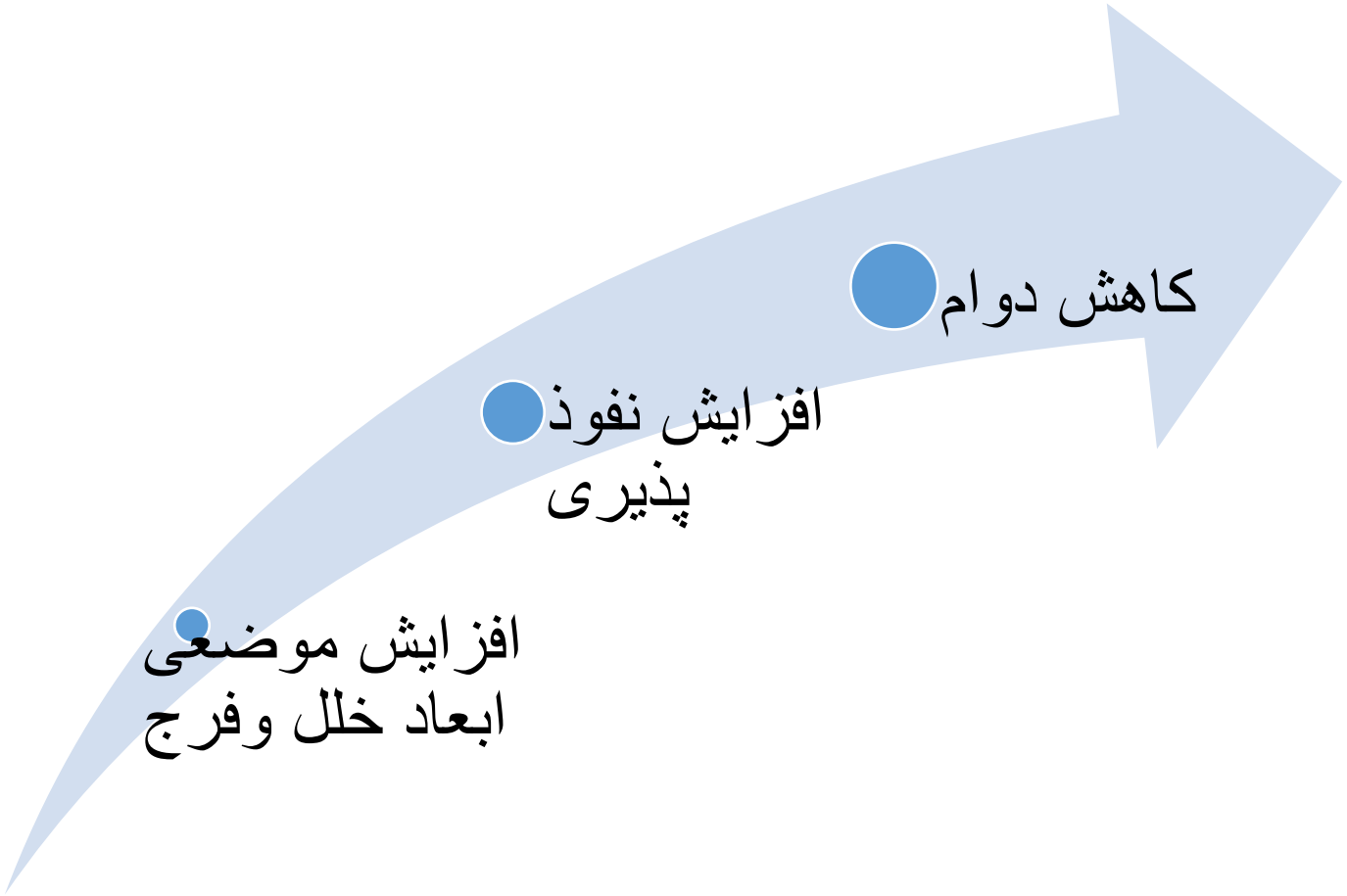
تاثیر هوای گرم بر بتن سخت شده

- کاهش مقاومت دراز مدت بتن



Effect of Concrete Temperatures on Strength




کاهش دوام
افزایش نفوذ پذیری
افزایش موضعی ابعاد خلل وفرج

ترک خوردگی ناشی
از جمع شدن

افزایش نفوذپذیری وکاهش دوام

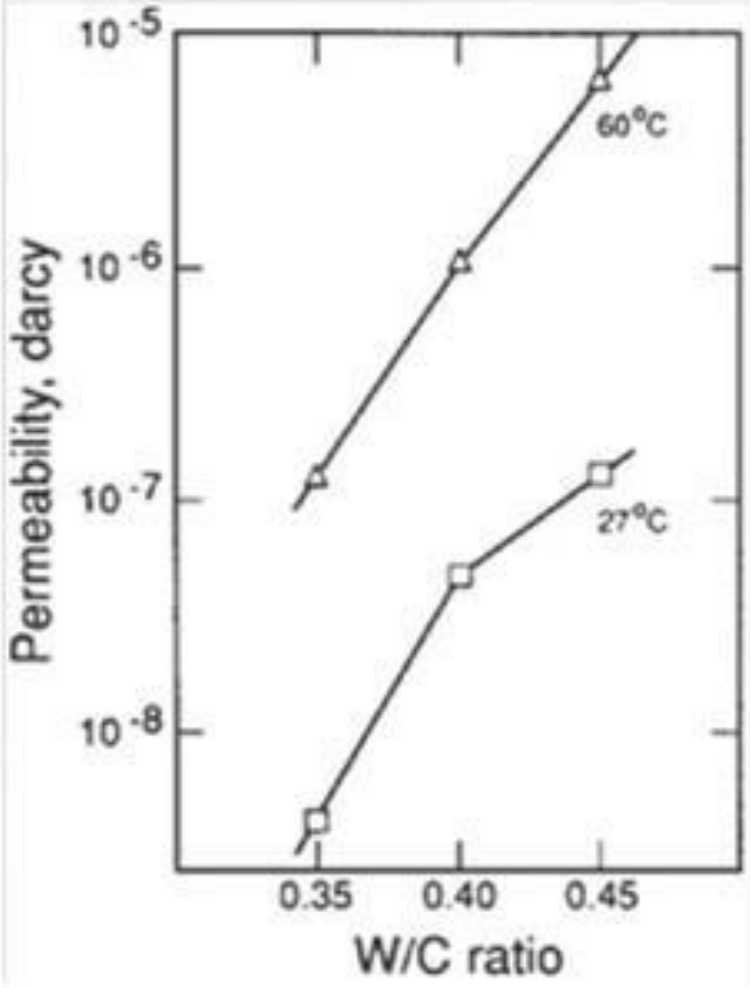
Plastic Shrinkage Cracking

Cracks occur when water evaporates from the surface faster than it can be replaced by the bleeding process.

Occurrence increased by —

- High air and concrete temperature
- Low humidity
- High wind speed

افزایش پتانسیل خوردگی میلگردها به دلیل امکان نفوذ ترکیبات خورنده



بتن باید در مقابل ترک خزش[۴] حرارتی ناشی از افت سریع دما به ویژه در ۲۴ ساعت اول محافظت شود. این نوع ترک‌خوردگی عموماً در نرخ خنک‌شدن بیشتر از سه درجه سانتی‌گراد در ساعت یا ۲۸ درجه سانتی‌گراد در شبانه‌روز برای بتنی با حداقل ابعاد ۳۰ سانتی‌متر رخ می‌دهد. بتنی که در معرض کاهش دمای ناگهانی واقع شود، دارای مقاومت کششی کمتری است و در نتیجه بیشتر از بتنی که با ملایمت سردشده، مستعد ترک‌خوردگی است (ACI 207.4R).

Precautions Depends on

- Type of construction.
- Characteristics of the materials being used.
- The experience of placing and finishing crew in dealing with the atmospheric conditions in the site.

Precautions

- Use materials and mix proportions that have a good record in hot weather conditions.
- Cool the concrete or one or more of its ingredients.
- Use a concrete consistency that allows rapid placement and consolidation.
- Reduce the time of transporting, placing, and finishing as possible.
- Schedule concrete placements to avoid extreme weather, such as at night or during favorable weather conditions.
- Consider the methods to limit moisture loss during placing and finishing such as sunshades, wind screens, fogging, and spraying.

راهکارهای بتن ریزی مطلوب در شرایط نامساعد گرم:

قاعدتا" این راهکارها را میتوان به چند دسته تقسیم کرد.

الف) انتخاب مصالح مناسب برای هوای گرم خشک یا گرم مرطوب و نسبت های مطلوب

ب) روشهای مناسب انبار کردن مصالح برای گرم و داغ شدن (پیشگیری از گرم شدن)

ج) خنک سازی مصالح و بتن و بتن خنک ساختن (کاهش دمای بتن)

د) تمهیدات حفظ خنکی بتن در طول عملیات حمل و ریختن و جلوگیری از افزایش دمای بتن

هـ) نکات مربوط به ریختن، تراکم و پرداخت سطح، نگهداری و عمل آوری بتن و کنترل تبخیر

طرح مخلوط بتن

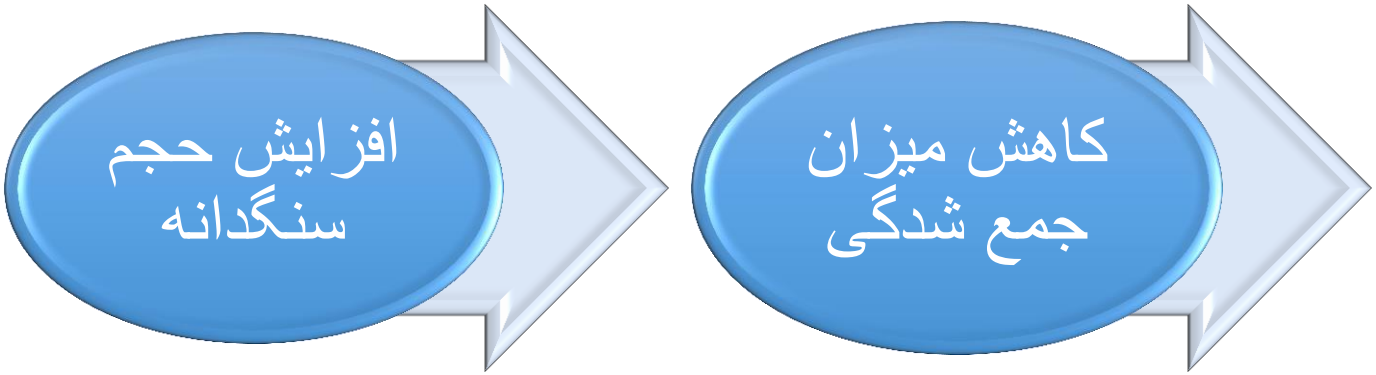
- کاهش عیار سیمان
- استفاده از سیمان با حرارت زایی کم
- جایگزینی بخشی از سیمان با مواد افزودنی به ویژه خاکستر بادی و روباره

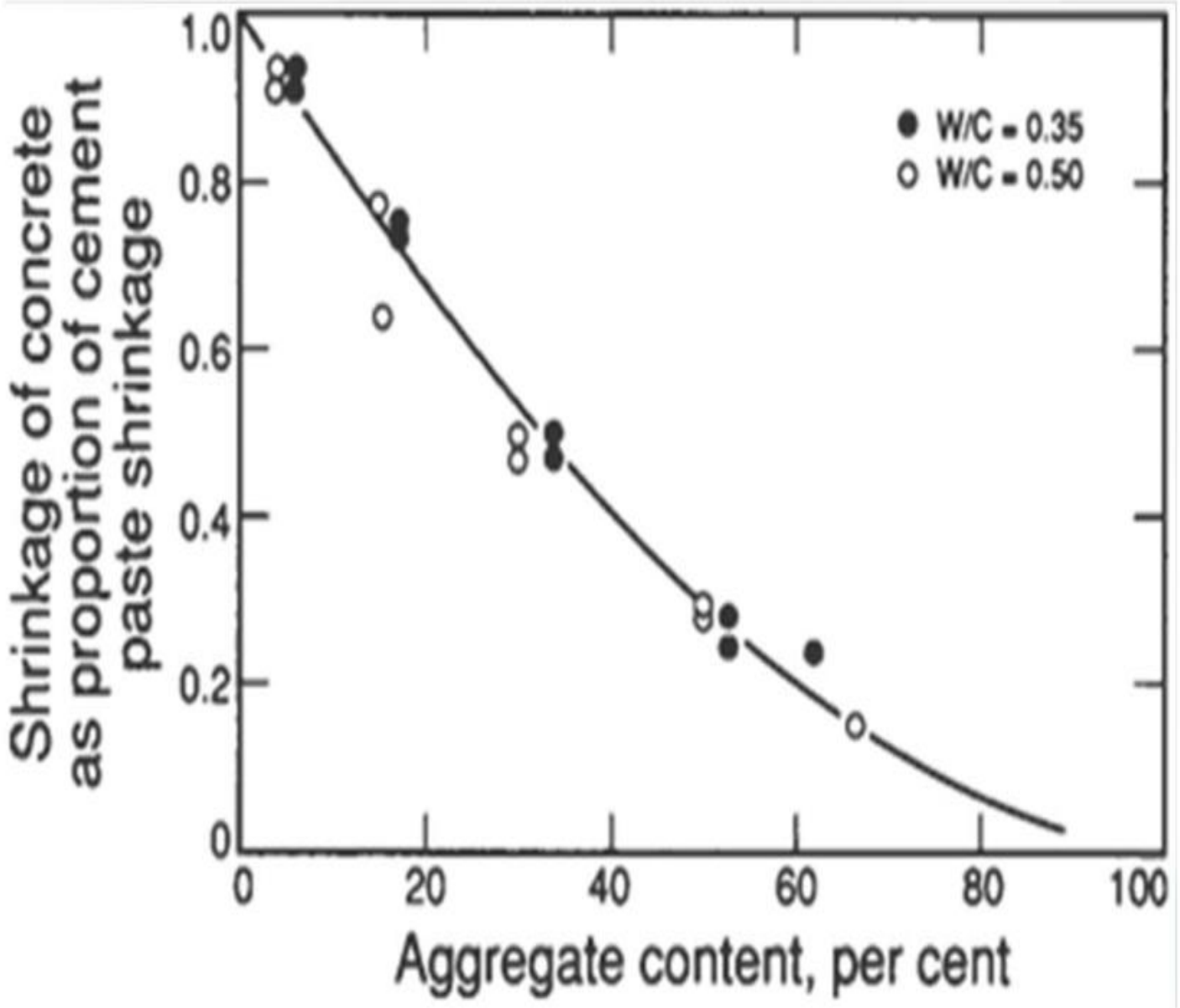
- افزودنی های روان کننده جهت تامین روانی ایده آل بتن
- افزودنی های کندگیرکننده برای تنظیم زمان گیرش بتن
- حفظ اسلامپ حداقل 7.5 سانتی متر
- افزایش مقدار سنگدانه

- افزایش اسلامپ اولیه بتن

- تعیین حداکثر مقدار نسبت آب به سیمان مجاز

سنگدانه:




Shrinkage of concrete as proportion of cement paste shrinkage
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
20
40
60
80
100
Aggregate content, per cent
W/C = 0.35
W/C = 0.50

- بهتر است در شرایط آب و هوای گرم از **سیمان های ریز و زودگیر مثل نوع 3 و بلین بالا** استفاده نشود.

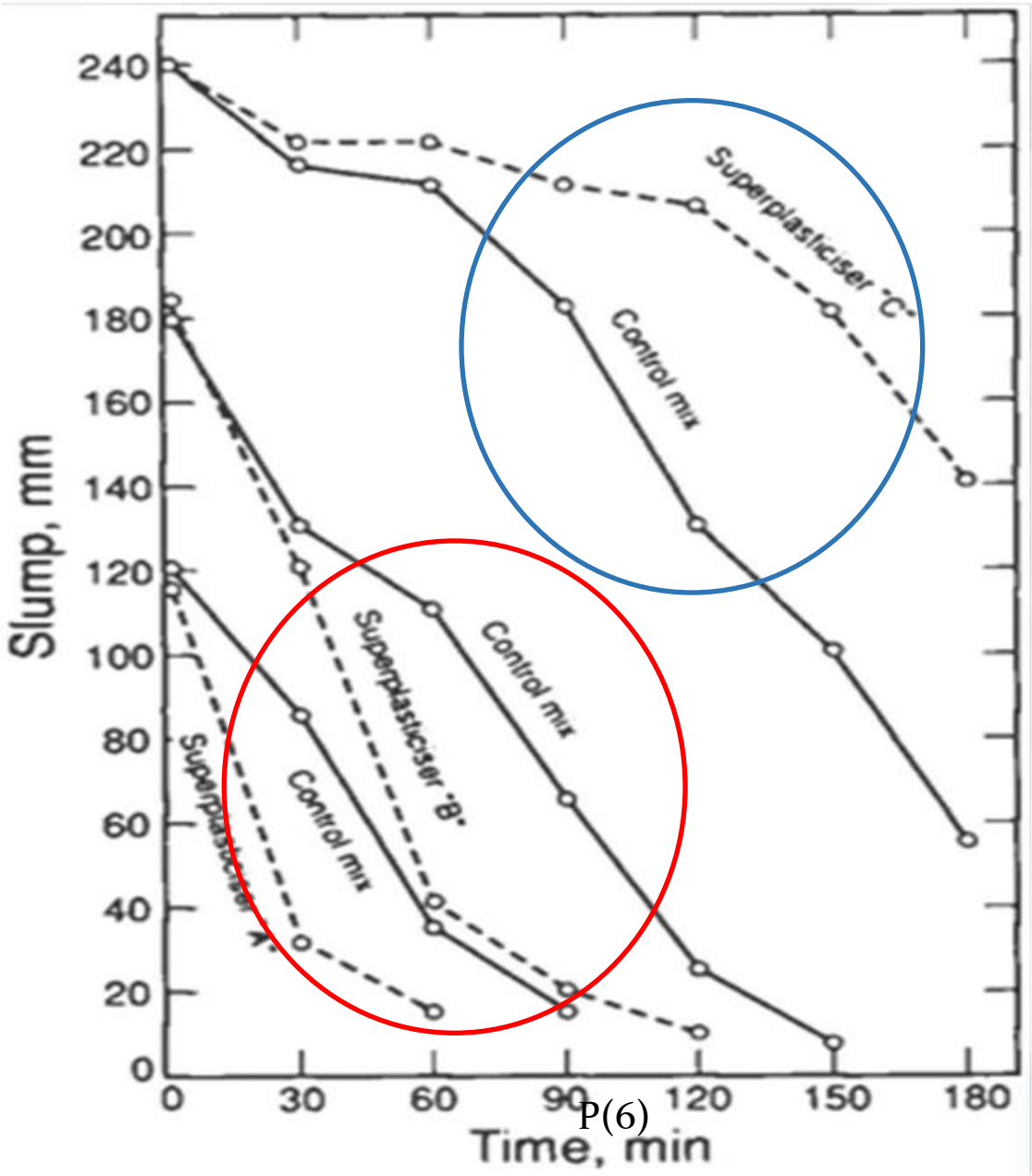
- و سیمانهائی با **گرمازائی کم و حاوی مواد پوزولانی** (به عنوان جایگزین) به کار روند . سیمان های آمیخته از این نظر مناسب اند .

- بهتر است مقدار سیمان زیاد نباشد . محدود کردن عیار سیمان به حدود **400 کیلوگرم** میتواند یک توصیه تلقی گردد . عیار سیمان زیاد می تواند عامل ترک خوردگی بتن خمیری باشد.

افزودنی های شیمیایی:

- استفاده از فوق روان کننده ها در بتن،میتواند باعث کاهش یا افزایش نرخ افت اسلامپ در بتن شود.

- لذا الزامی است در انتخاب نوع و پایه فوق روان کننده بسیار دقت نمود.


Slump, mm
Time, min
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
0
30
60
90
120
150
180
Superplasticiser 'C'
Control mix
Superplasticiser 'B'
Control mix
Superplasticiser 'A'
Control mix

جدول (۳) انواع افزودنی کند گیر کننده بتن

۱	اسیدلیگنو سولفونیک و اصلاح شده و مشتقات اسیدلیگنو سولفونیک و نمک های آن
۲	اسید هیدروکسی کربوکسیلات یا اصلاح شده ها و مشتقات این اسید و نمک های آن
۳	نمک های فرآورده تحکیم با وزن مولکولی بالا از اسید سولفونیک نفتالین
۴	کربوهیدرات ها، پلی ساکاریدها و اسیدهای قند (شکر)
۵	نمک های غیر آلی همچون بورات ها و فسفات ها

مواد افزودنی معدنی:

جدول (۲) مزایای استفاده از مواد پوزولانی در بتن [۶]

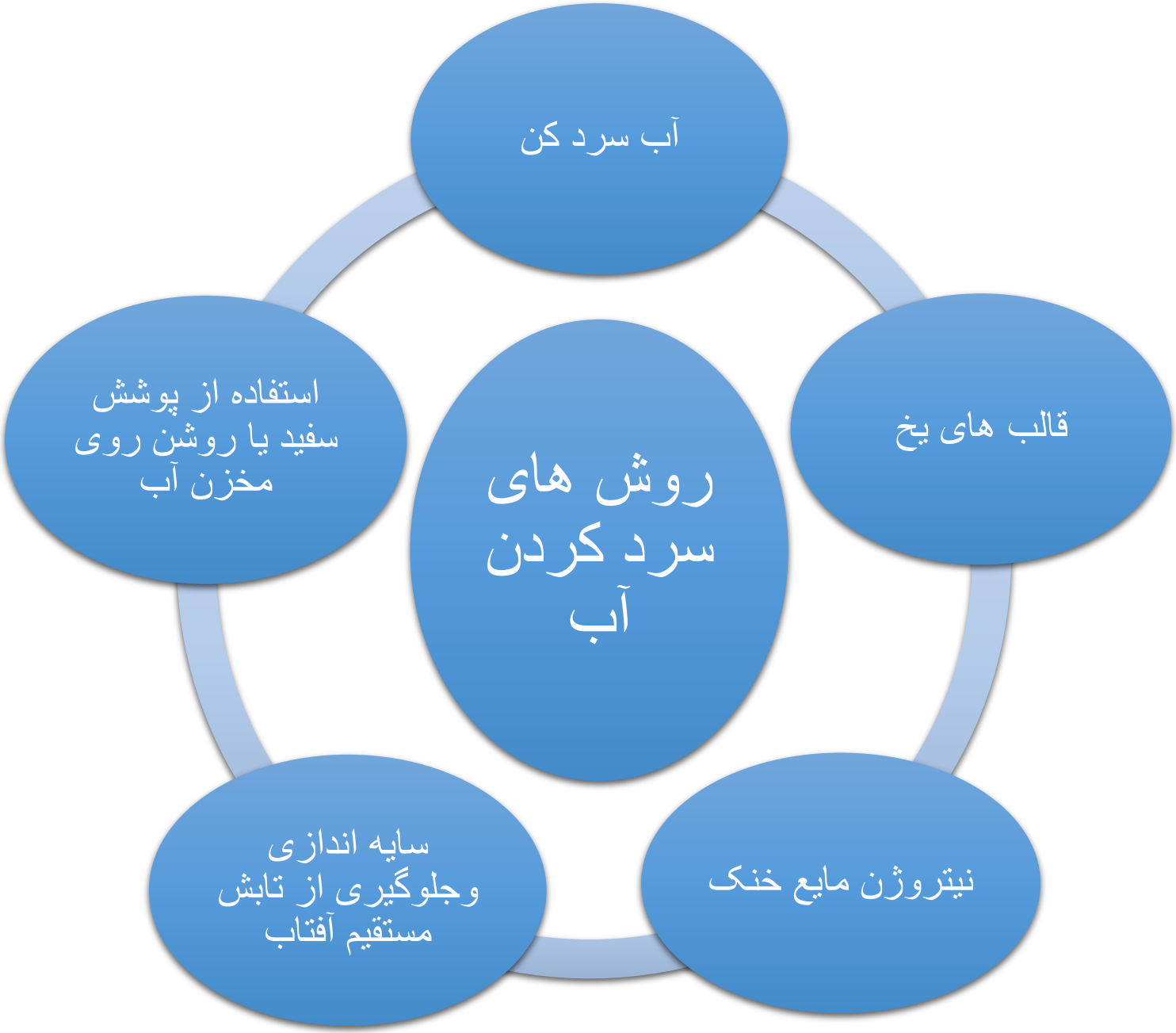
نوع ماده معدنی افزوده شده	روباره آهن گدازی	خاکستر بادی	میکرو سیلیس	سایر پوزولان ها
مقدار مصرفی متداول	٪۴۰ – ۱۰	٪۶۰ – ۲۰	٪۱۵ – ۵	٪۳۰ – ۱۰
صرفه	●	●		●

جدول (۲) مزایای استفاده از مواد پوزولانی در بتن [۶]

نوع ماده معدنی افزوده شده	روباره آهن گدازی	خاکستر بادی	میکرو سیلیس	سایر پوزولان ها
حفظ محیط زیست	●	●	●	●
افزایش روانی بتن	●	●		
افزایش چسبندگی سیمان	●	●	●	

جدول (۲) مزایای استفاده از مواد پوزولانی در بتن [۶]

نوع ماده معدنی افزوده شده	روباره آهن گدازی	خاکستر بادی	میکرو سیلیس	سایر پوزولان ها
کاهش انفصال بتن	●	●	●	●
کاهش حرارت هیدراتاسیون	●	●		●
کاهش ترک	●	●		●
کاهش نفوذ پذیری	●	●	●	●
ضد حملات شیمیایی	●	●	●	●


روش های سرد کردن آب
آب سرد کن
قالب های یخ
نیتروژن مایع خنک
سایه اندازی وجلوگیری از تابش مستقیم آفتاب
استفاده از پوشش سفید یا روشن روی مخزن آب

آب:

آب مصرفی نباید گرم باشد چون آب گرم علاوه بر بالابردن درجه حرارت بتن باعث بالا رفتن مصرف آب میشود که این امر باعث کاهش مقاومت خواهد شد.

- با اضافه شدن هر 10 درجه به حرارت آب،میزان اسلامپ 20 تا 25 میلی متر کاهش می یابد و از این رو آب مصرفی باید خنک باشد و در صورت لزوم با یخ خنک شود.

خنک کردن آب:

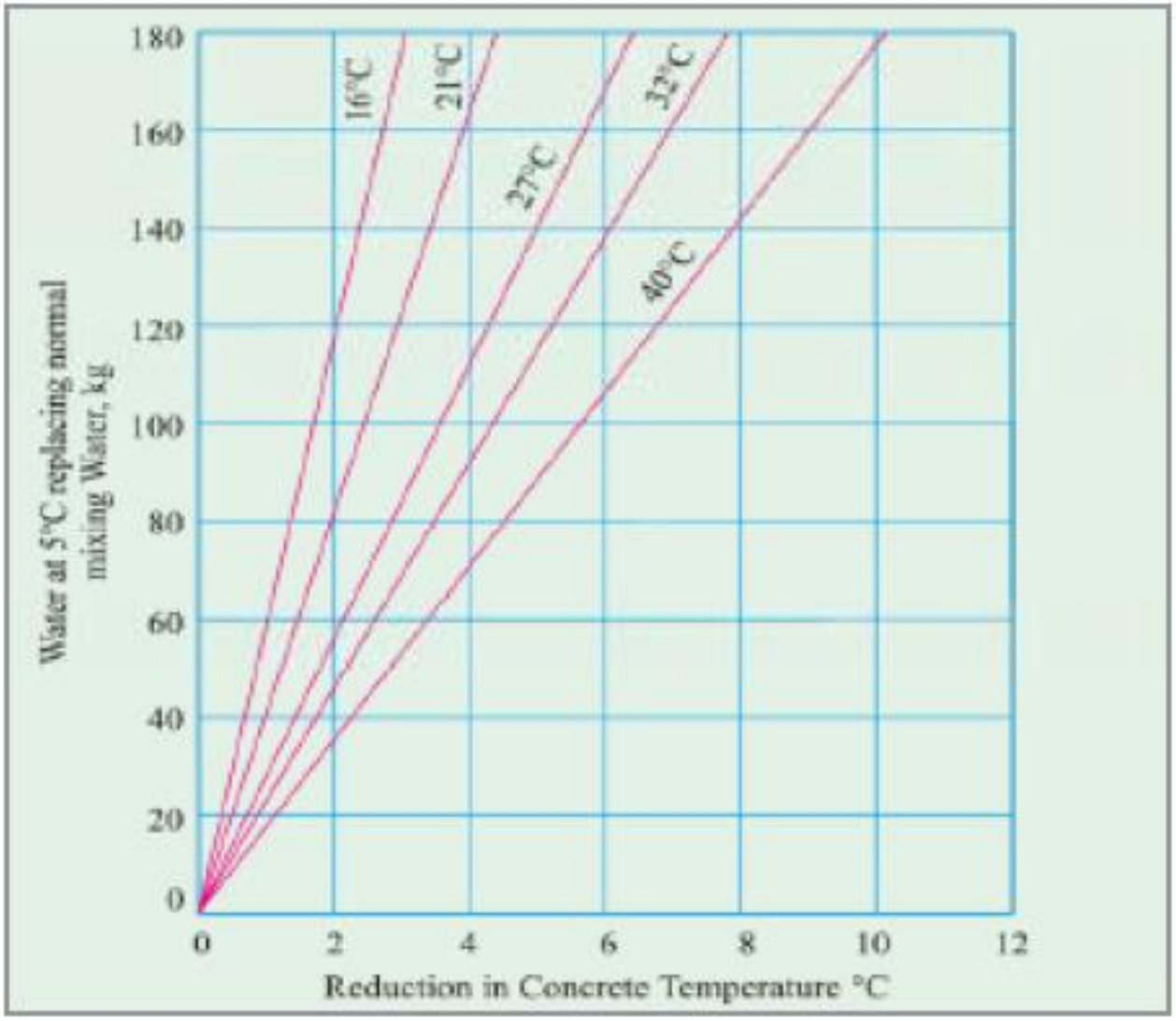
•بیشترین تاثیر را بر کاهش دمای بتن دارد.

زیرا:

گرمای ویژه آب 4 تا 5 برابر گرمای ویژه سنگدانه ها وسیمان است.

وزن آب از وزن سایراجزای بتن کمتربوده و کاهش دمای آب از کاهش دمای سایراجزای بتن، آسان تراست.

استفاده از آب 5 ° C



۲- الف) آب با دمای ۵ درجه سانتی گراد

روش های سرد کردن اب بتن

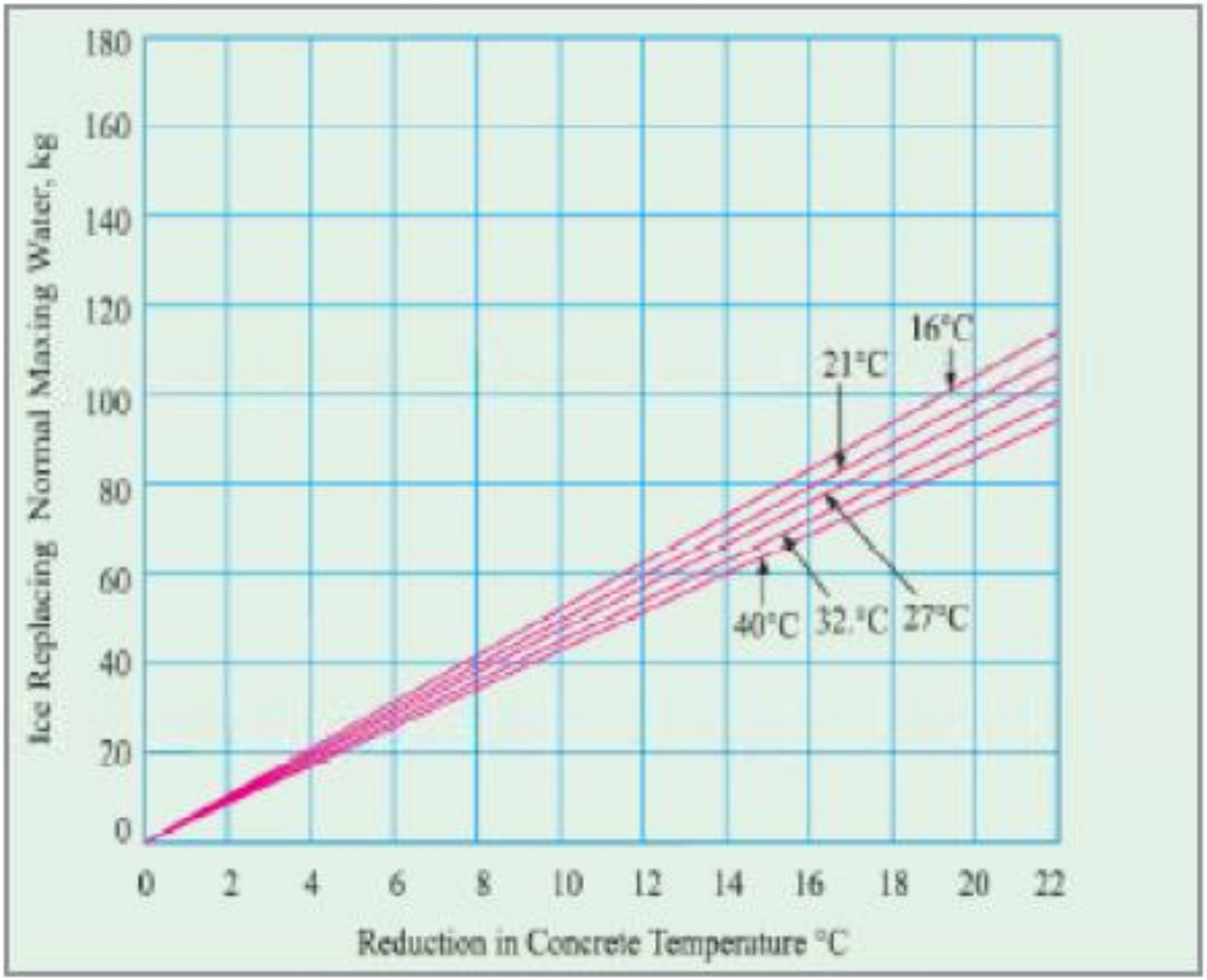
- آب سرد کن
- قالب‌های یخ
- نیتروژن مایع خنک

- سایه اندازی و جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب
- استفاده از پوشش سفید یا روشن روی مخزن آب
- عایق کردن مخزن آب و لوله‌ها

قالب های یخ

$$T\,(^{o}C) = \frac{0.22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa} - 80 M_i}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa} + M_i}$$

استفاده از یخ



۲- ب)یخ.

استفاده از یخ در بتن

- پودر یخ یا تراشه‌های یخ به عنوان قسمتی از آب مخلوط

- ابتدا یخ صفر درجه با گرفتن حرارت از بتن به آب صفر درجه تبدیل شده؛ و سپس آب صفر درجه ادامه‌ی خنک شدن بتن را فراهم می‌آورد.

- حداکثر کاهش حرارت بتن به کمک یخ، حدود ۱۱-۱۲ درجه است.

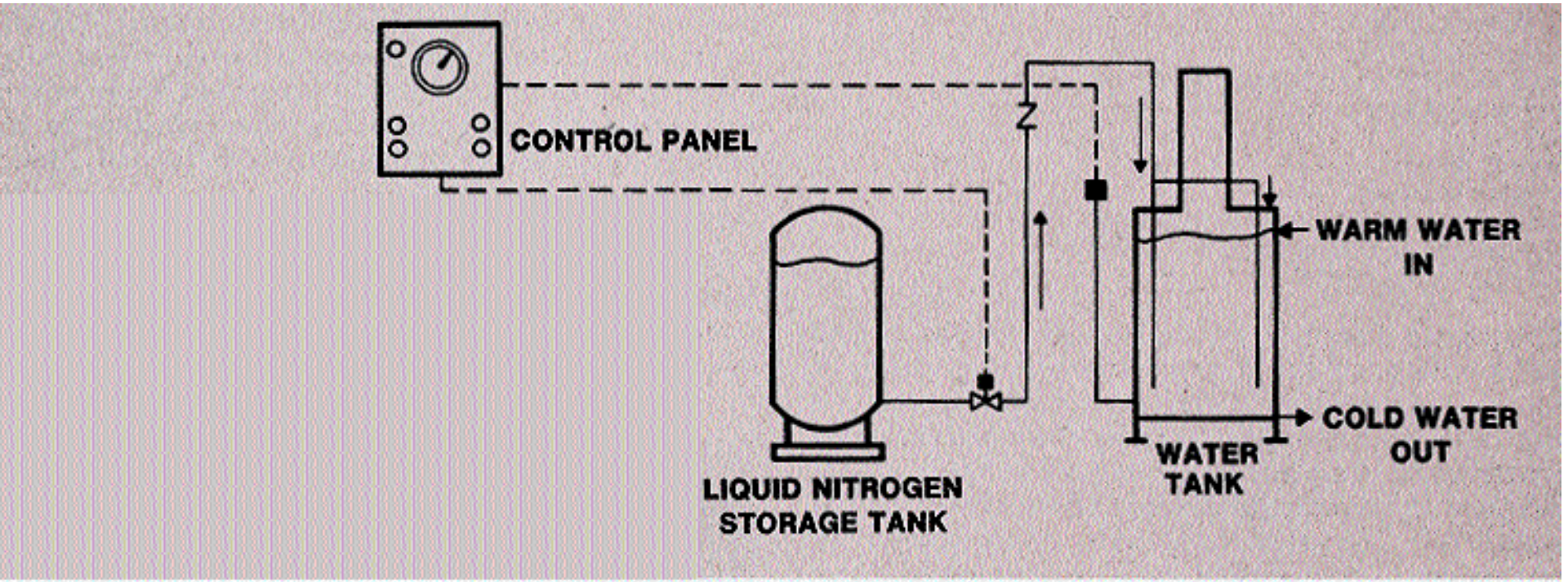
استفاده از یخ در بتن

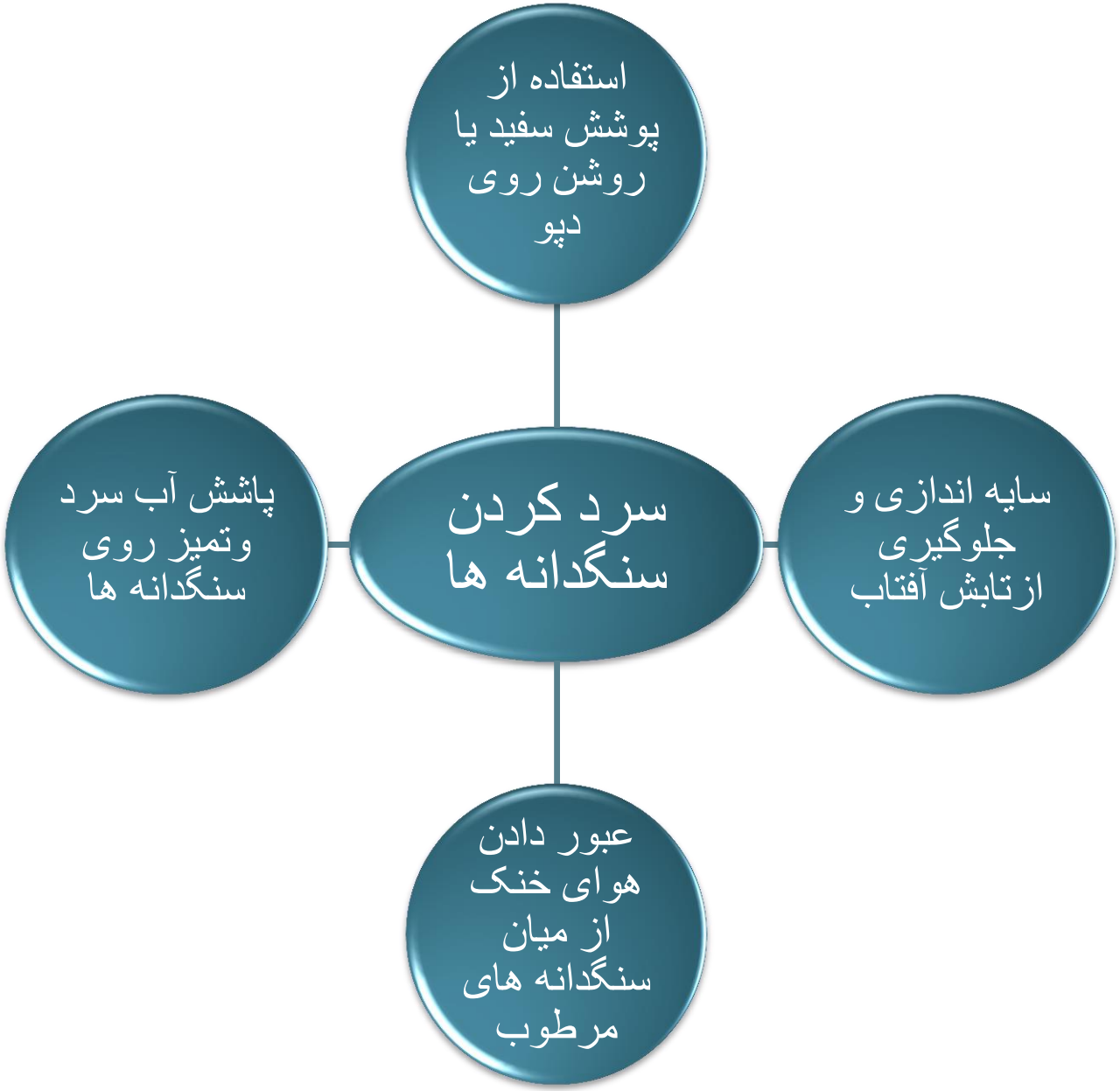
- به ازای هر ۱ درجه کاهش در دمای بتن، لازم است حدود ۴٪ از کل آب مخلوط با یخ جانشین شود.

- مثلاً برای کاهش دمای بتن تازه از ۳۵ به ۲۵ درجه در مخلوطی با $150\ kg/m^3$ آب، باید حدود ۴۰ درصد آب (حدود $60\ kg/m^3$)، با پودر یخ، تراشه‌های یخ و یا یخ خرد شده جانشین شود.

- لازم است یخ مستقیماً به مخلوط بتن اضافه گردد. اگر یخ به ضخامت ۱/۵ تا ۲/۵ میلی متر خرد شده باشد، در زمان حدود ۳۰ ثانیه در بتن آب خواهد شد.

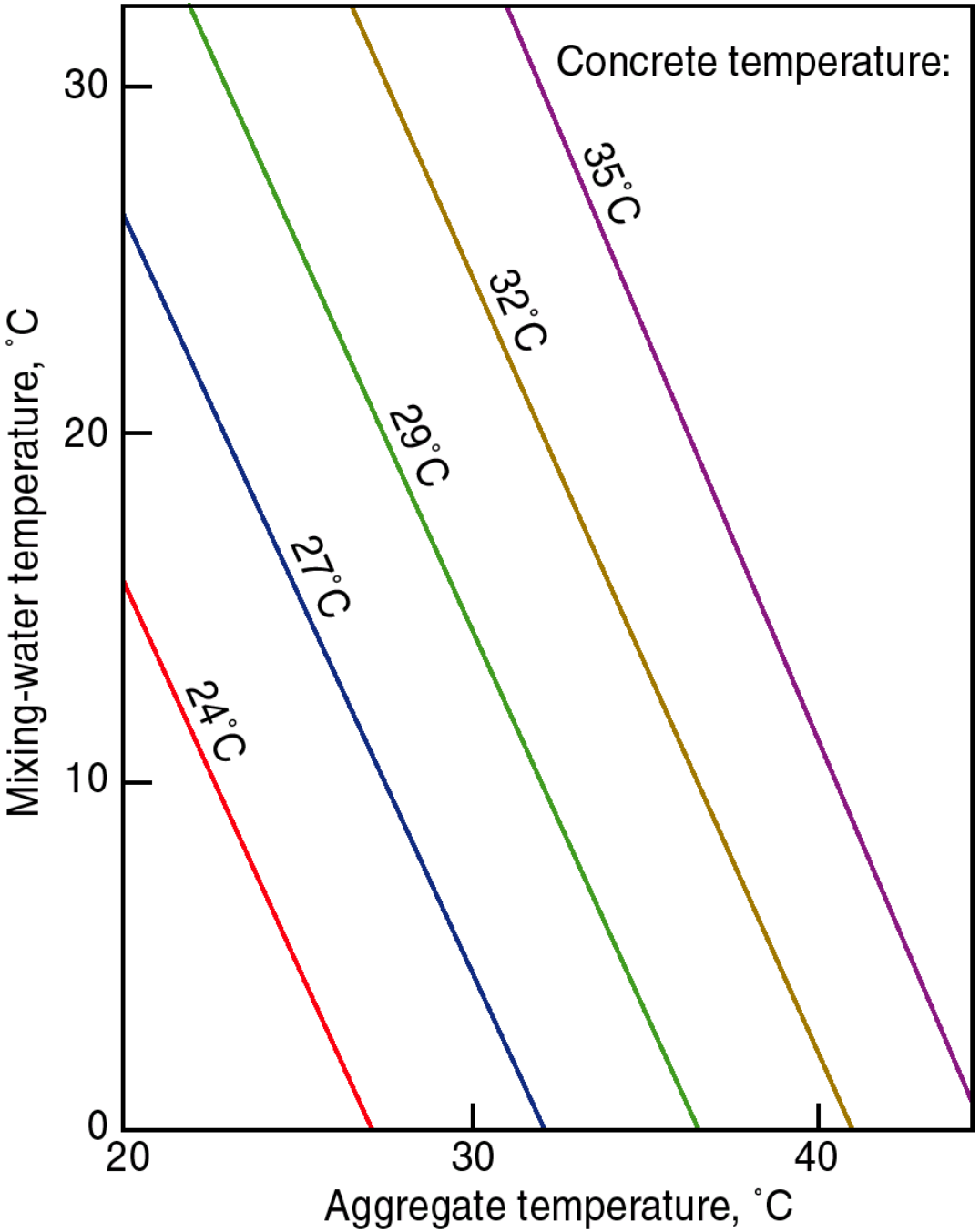
نیتروژن مایع




سرد کردن سنگدانه ها
استفاده از پوشش سفید یا روشن روی دپو
سایه اندازی و جلوگیری از تابش آفتاب
عبور دادن هوای خنک از میان سنگدانه های مرطوب
پاشش آب سرد وتمیز روی سنگدانه ها

- دمای شن ها در برخی مناطق در زیر آفتاب مستقیم و تند تابستانی با توجه به رنگ تیره آنها ممکن است به ۷۰ تا ۹۰ درجه سانتی گراد برسد.

- توصیه می شود دمای سنگدانه ها بویژه شن از ۵۰ درجه سانتی گراد بیشتر نشود .


Concrete temperature:
35˚C
32˚C
29˚C
27˚C
24˚C
Mixing-water temperature, ˚C
0
10
20
30
20
30
40
Aggregate temperature, ˚C

سرد کردن سنگدانه ها

- ✓ پاشش آب سرد و تمیز بر روی سنگدانه ها
- ✓ عبور دادن هوای خنک از میان سنگدانه های مرطوب
- ✓ استفاده از پوشش سفید یا روشن روی دپو
- ✓ سایه اندازی و جلوگیری از تابش آفتاب

- مثلاً برای کاهش دمای بتن تازه از ۳۵ درجه به ۳۰ درجه، لازم است کل دانه‌ها ۱۰ درجه خنک شوند.

- به ازای هر ۱ درجه کاهش در دمای بتن، لازم است دانه‌ها حدود ۲ درجه خنک شوند. خنک کردن دانه یک روش تکمیلی در کنار خنک کردن آب است.

تجربه ها نشان می دهد با یکبار آب پاشی و اجازه دادن به سنگدانه برای خشک شدن آن پس از تبخیر ، دمای سنگدانه میتواند بیش از ۱۵ درجه سانتی گراد کاهش یابد.

سيمان:

هم چنين اكيداً توصيه ميگردد دماي آب و سيمان بيشتر از 60 درجه سانتي گراد نباشد

هر چند در آبا و مقررات ملي حداكثر دماي مجاز سيمان 75 درجه سانتي گراد قيد شده است اما بايد دانست در برخورد آب و سيمان با يكديگر ، چنانچه يكي از آنها بيش از 60 درجه سانتي گراد باشد ، بعلت گيرش آني و ناگهاني سيمان و هم چنين كلوخه شدن آن ، كيفيت بتن تازه و سخت شده از نظر افت اسلامپ و كاهش مقاومت نهائي و دوام آسيب مي بيند ، حتي اگر دماي مخلوط بتن حاصله نيز كمتر از حدمجاز باشد.

خنک کردن سیمان:

✓سیمان ممکن است در زمان توزیع از کارخانه دمای بسیار بالا داشته باشد(ناشی از شرایط آسیاب کلینگر)

✓در هوای گرم نباید از سیمانی که تازه به کارگاه وارد شده است،در ساخت بتن استفاده نمود.

✓استفاده از رنگ سفید و یا پوشش های با رنگ روشن روی سیلوی سیمان،در کاهش دمای سیمان تاثیرگذار خواهد بود.

انواع دما سنج های بتن

$$T = \frac{\text{۰/۲۲}\,(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa} - \text{۸۰}\, M_i}{\text{۰/۲۲}\;\; (M_a + M_c) + M_w + M_{wa} + M_i} \qquad (\text{۲-۸-۹})$$

With ice (SI units)

$$T = \frac{0.22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa} - 79.6 W_i}{0.22(W_a + W_c) + W_w + W_i + W_{wa}}$$

the ice is at its melting point.

With ice (SI units)

$$T = \frac{0.22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa}}{0.22(W_a + W_c) + W_w + W_i + W_{wa}}$$

$$+ \frac{T_a W_{wa} - W_i(79.6 - 0.5T_i)}{0.22(W_a + W_c) + W_w + W_i + W_{wa}}$$

0/5 ظرفيت گرمايي يخ و

79/6 ≈ 80 برابر گرماي نهان ذوب يخ بر حسب Kcal/kgمي باشد

مثال ۱ : طرح اختلاط زیر برای بتن سازی به میزان $1\ m^3$ داده شده است. با توجه به اطلاعات موجود دمای تعادل ساخت بتن را محاسبه کنید. سیمان ۴۰۰ کیلو، شن خشک ۱۰۰۰ کیلو، آب کل ۲۲۰ کیلو، دمای سیمان $35°C$، دمای شن $40°C$ و رطوبت آن ۰/۶ درصد، دمای ماسه $30°C$ و رطوبت آن ۴/۵ درصد، دمای آب $25°C$ می باشد.

آب موجود ماسه $= 1000 \times \frac{4.5}{100} = 45\ Kg$

آب موجود شن $= 800 \times \frac{0.6}{100} \approx 5\ Kg$

آب مصرفی اختلاط $= 220 - 50 = 170\ Kg$

آب سنگدانه ها $= 50\ Kg$

$$T_{\text{تعادل}} = \frac{0.22(400 \times 35 + 800 \times 40 + 1000 \times 30) + 170 \times 25 + 5 \times 40 + 45 \times 300}{0.22(400 + 800 + 1000) + 220} \approx 32°C$$

شن و ماسه اصلاح شوند.

مثال ۲ : اگر بخواهیم دمای بتن به ۲۸ برسد آب باید تا چند درجه خنک شود؟

$$28 = \frac{16720 + 170T_W + 1550}{704} \Rightarrow T_W = 8.5°C$$

مثال ۳ : اگر بخواهیم با آب $25°C$ و یخ $-4°C$ به این دما دست یابیم، چند کیلو یخ لازم است ؟

$$28 = \frac{16720 + (170 - W_i) \times 25 + 1550 + W_i(-2 - 8)}{704} \Rightarrow W_i \approx 26.25\ Kg$$

مثال ۴ : اگر بدون خنک کردن آب یا مصرف یخ بخواهیم به این دما برسیم دمای شن باید به چند درجه سیلیوس برسد ؟

$$28 = \frac{0.22(14000 + 800T_G + 30000) + 4250 + 5T_G + 45 \times 30}{704} \Rightarrow T_G \approx 24.5°C$$

جدول (۵) مقایسه روش های پیش سرمایش [۱]

روش های پیش سرمایش	کاهش تقریبی دما (درجه سانتی گراد)
آب پاشی دپو های شن	۲
سرد کردن آب مصرفی در بتن	۳
جایگزینی ۸۰٪ از آب مصرفی با یخ	۷
سرد کردن شن به وسیله مکش تا ۳ درجه سانتی گراد	۱۷

جدول (۵) مقایسه روش های پیش سرمایش [۱]

روش های پیش سرمایش	کاهش تقریبی دما (درجه سانتی گراد)
سرد کردن شن تا دمای ۴ درجه سانتی گراد به وسیله هوای خنک	۱۴
سرد کردن شن از طریق غرقاب کردن تا دمای ۴ درجه سانتی گراد	۱۷
خنک کردن ماسه به وسیله مکش تا ۱ درجه سانتی گراد	۷
خنک کردن مستقیم سیمان تا دمای ۲۷ درجه سانتی گراد	۲

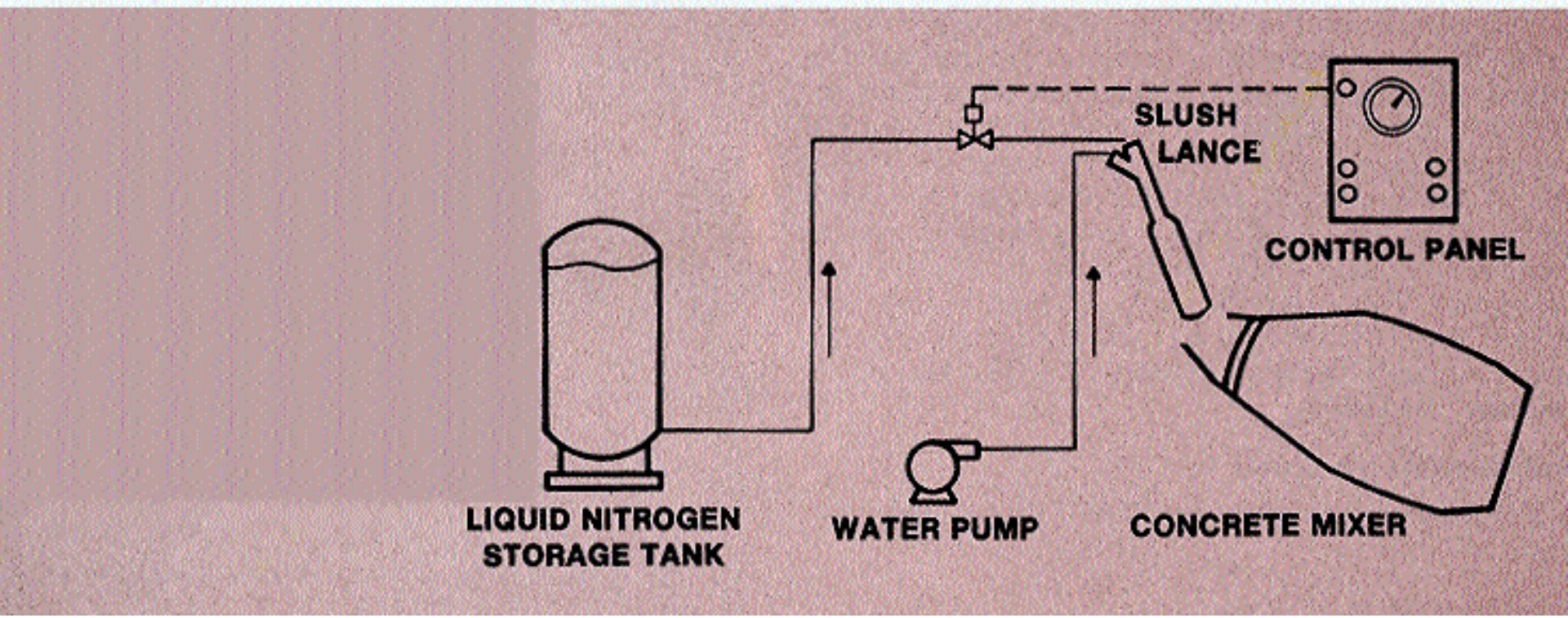
- در خنک کردن مصالح بتن، باید توجه شود که برای خنک کردن بتن معادل ۱ درجه، لازم است یکی از مصالح به میزان زیر خنک شود:

الف) سنگدانه‌ها به میزان ۲ درجه

ب) آب به میزان ۴ درجه

ج) سیمان به میزان ۸ درجه

خنک کردن بتن



نیتروژن مایع

P(8)

نیتروژن مایع خنک

PRECAUTIONS

- Cool concrete
- Cool concrete ingredients
- Reduce the time of transport, placing and finishing
- Use sunshades, windscreens, fogging, or spraying to limit moisture loss during placing and finishing

زمان بتن ریزی

درکارگاههاي اجرائي توصيه مي شود وقتي بتن در فصل گرم ساخته شود که دماي اجزاي بتن در حداقل ميزان ممکن در طول شبانه روز باشد. کمترين دما تقريباً در اوائل صبح وجود دارد . بنابراين ساخت بتن از سحر تا ظهر تابستان توجيه دارد.

لازم به ذکر است که در حدود 5 ساعت پس از ظهر حداکثر دما در سيمان ، آب و سنگدانه حاصل مي شود و دماي بتن به بالاترين ميزان خود مي رسد. .

حمل بتن در هوای گرم
از قرارگیری کامیون های بتن آماده زیر آفتاب جلوگیری شود
کاهش سرعت دوران تراک میکسربتن به علت هیدراتاسیون کامل سیمان ها و همچنین شکست سنگدانه ها
از در نوبت ماندن طولانی تراک میکسردر هنگام تخلیه جلوگیری شود
با رنگ سفید وبا پوشش به رنگ روشن کامیون های حمل بتن، از تاثیرمستقیم تابش آفتاب ممانعت شود

۹-۸-۲-۵ انتقال بتن

تعداد چرخش جام باید محدود به ۳۰۰ بار و زمان انتقال به ۴۵ دقیقه محدود گردد.

‘ · µ ùô ôüüwÍwöÎ∆• „fiöz—fiû‡x wÑj® zæéúÍüùô„ãùô . 3 wÉ. 1Ëv%ËxwôËvûzû¶oê Ãvû Évæ È Ñ™ fiû•
.ô€fiù∫ fl/ ôvû‘ È Ñfiw „ãùô-ô‡öì ùô ùxwô® Ív‡≈› Ív‹ vÉÈ/ „Ñ Ñw Õ Í wæêã ’ €i Åö/

رنگ آمیزی سفید
CAMC
CAMC

JOHNSTOWN
44
Natural Gas

استفاده از گونی خیس

عمل آوری

If any of these factors are neglected, the

Desired properties will not develop.

- Moisture
- Temperature
- Time

۹-۸-۲-۶-۳ بر اساس بند ۹-۸-۲-۶-۱ اگر مشخص شد که سرعت تبخیر بیشتر از $kg/m^2/h$ ۰/۵ است، باید نسبت به ایجاد سایه بر روی دال اقدام شود و در زمانی که عملیات پرداخت انجام نمی‌شود، سطح بتن باید با یک ورق پلاستیک پوشش داده شود. این پوشش نباید در تماس مستقیم سطح بتن باشد.

۹-۸-۲-۷-۲ پس از سخت شدن بتن باید عمل‌آوری آغاز شود. عمل‌آوری بر اساس روش‌های آب‌رسانی مانند ایجاد حوضچه و یا پارچه چتایی خیس همراه با پوشش پلاستیک انجام گردد. دمای آب عمل‌آوری نباید بیشتر از ۱۱ درجه سلسیوس سردتر از دمای بتن باشد.

حفاظت بتن در هوای گرم

- جلوگیری از تبخیر آب بتن
- کاهش دمای بتن

Curing and Protection

Hot Weather —

- **Air Temperature 27 °C or above**
  Basic curing by water or saturated fabric
- **Mass Conc. air 20 °C or above**
- Basic curing by water
- **White pigmented curing compound**
- Where water is not practical or available

Curing water should not be more than about 11°C cooler than the concrete

Precautions to Minimize Plastic Shrinkage Cracking

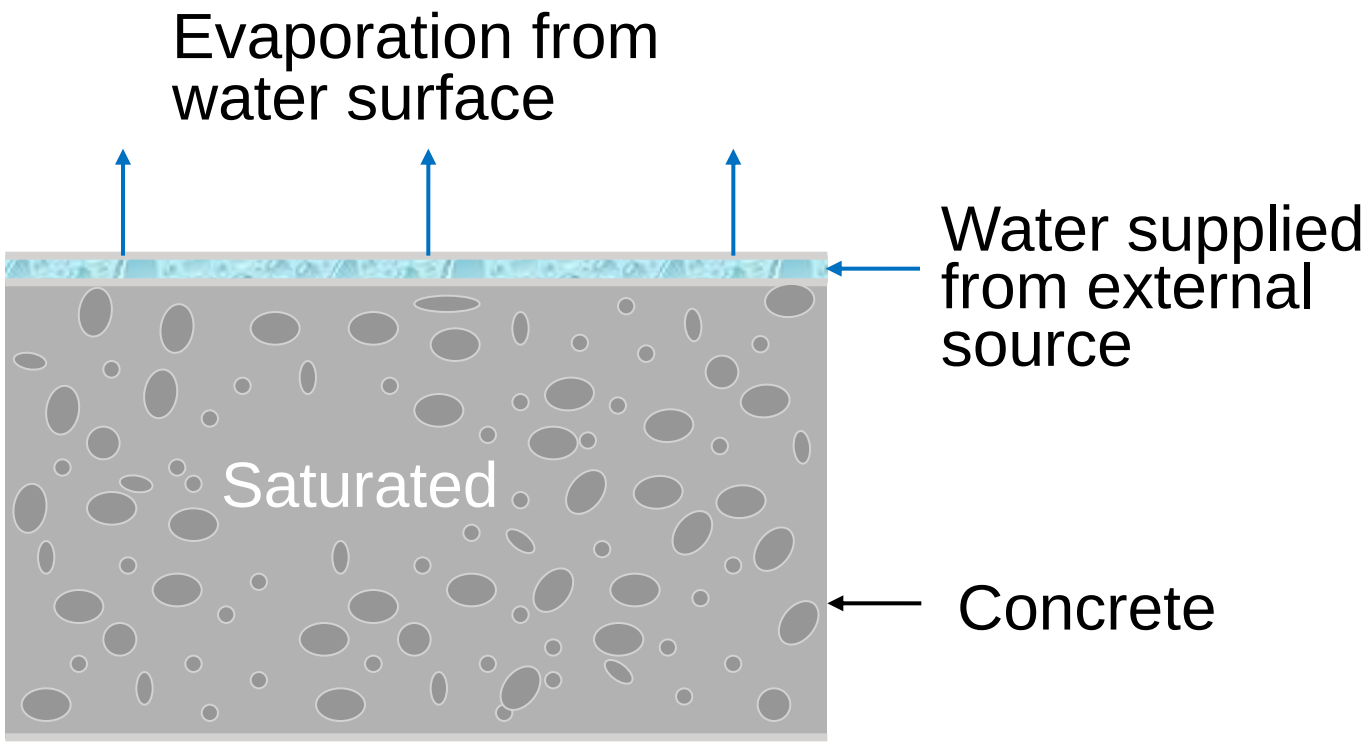
- Moisten aggregates
- Cool aggregates and mixing water
- Dampen subgrade
- Erect temporary windbreaks and sunshades
- Cover concrete
- Fog slab immediately after placing
- Add plastic fibres

Hot-Weather Concreting

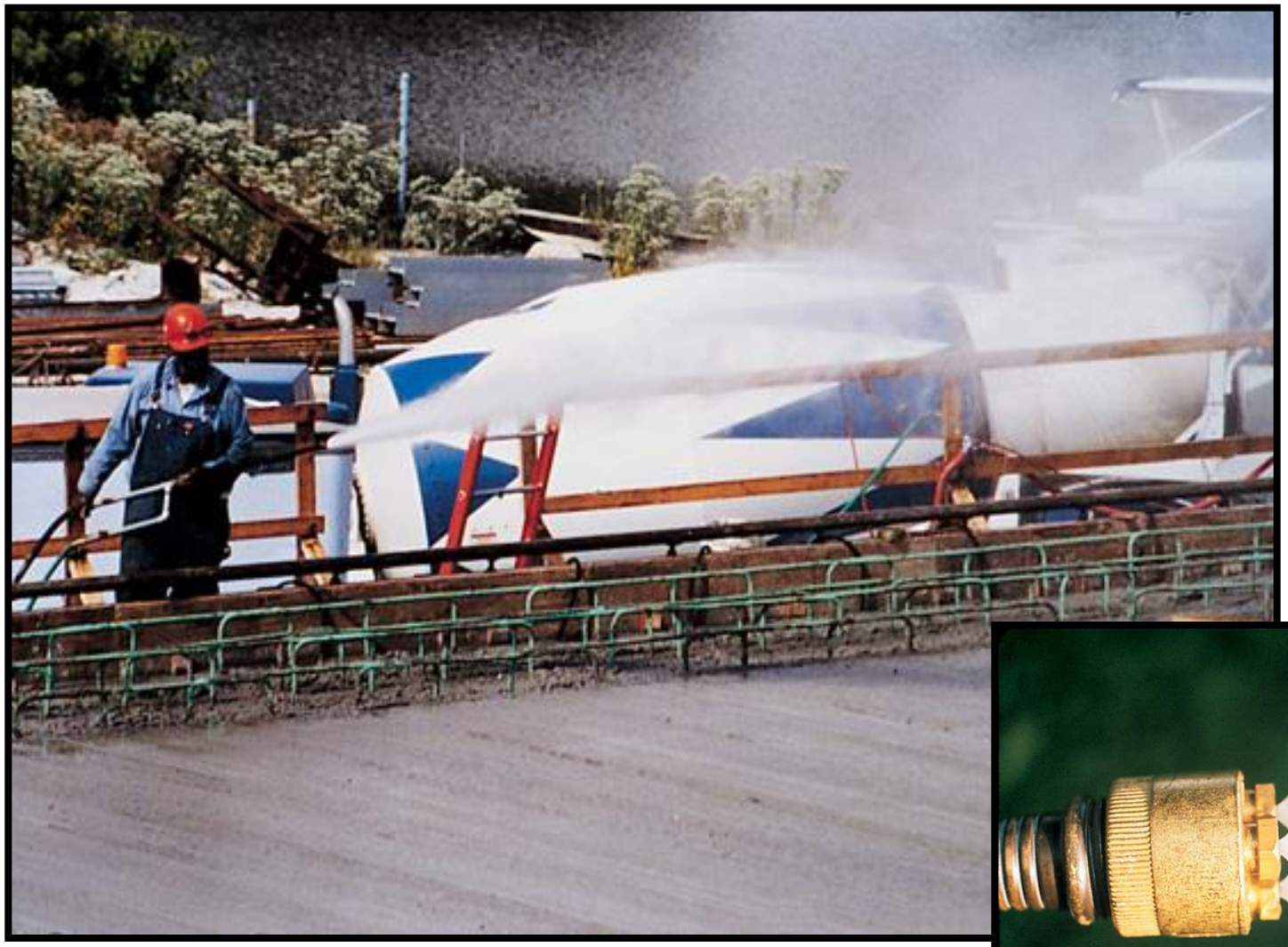
Curing Methods

1. **Supply Additional Water for Evaporation by:**
   - **Ponding or immersion**
   - **Spraying or fogging**
   - **Saturated wet coverings**

Curing of Concrete by Supplying Water for Evaporation

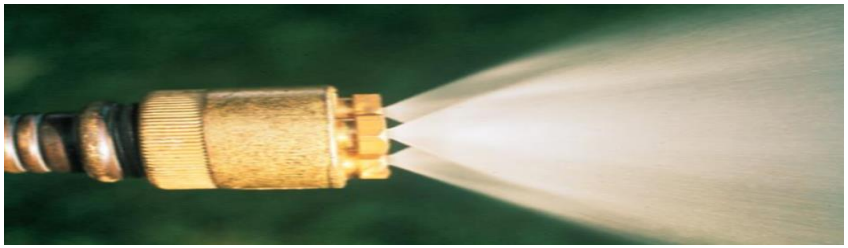


ایجاد مه



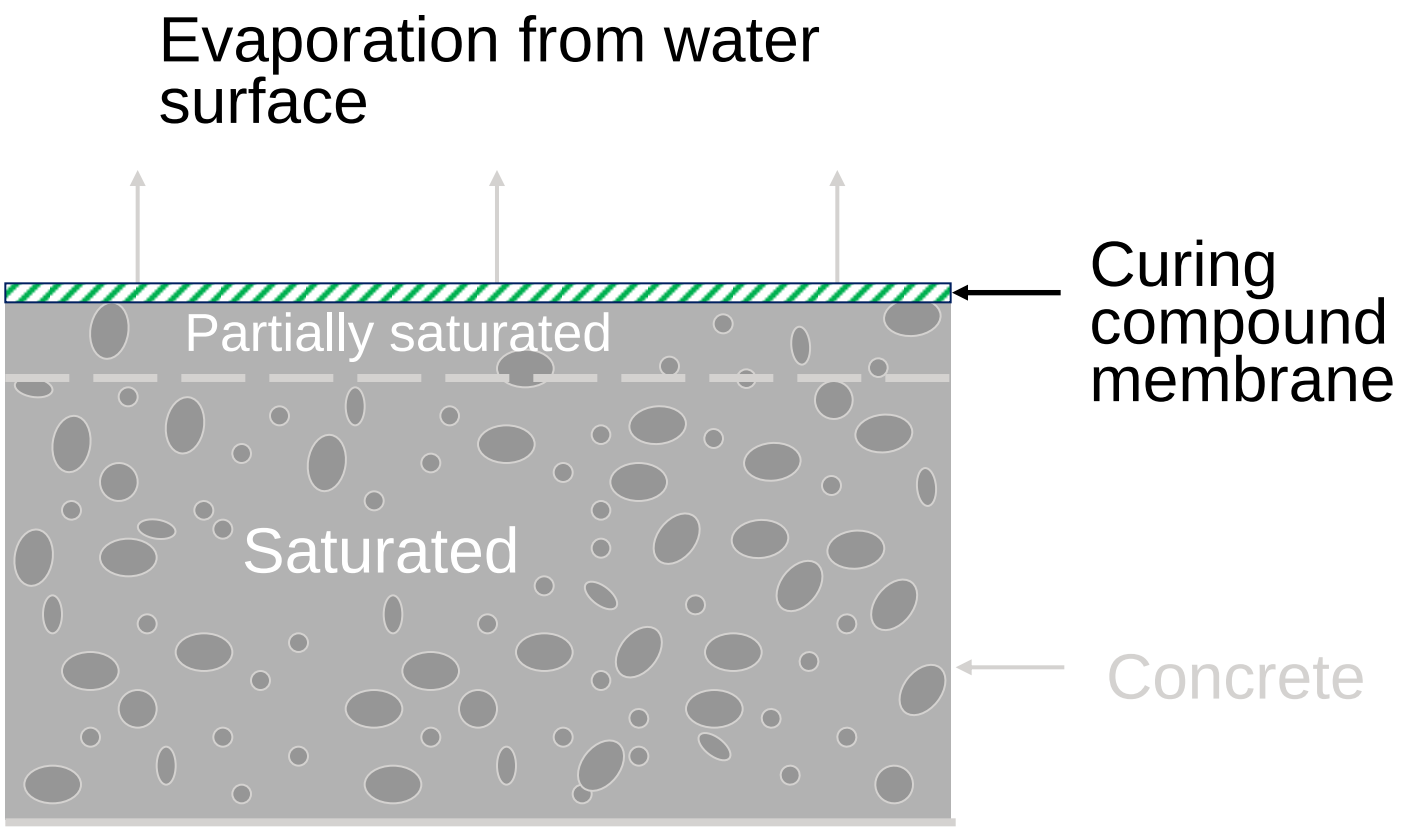
Fogging

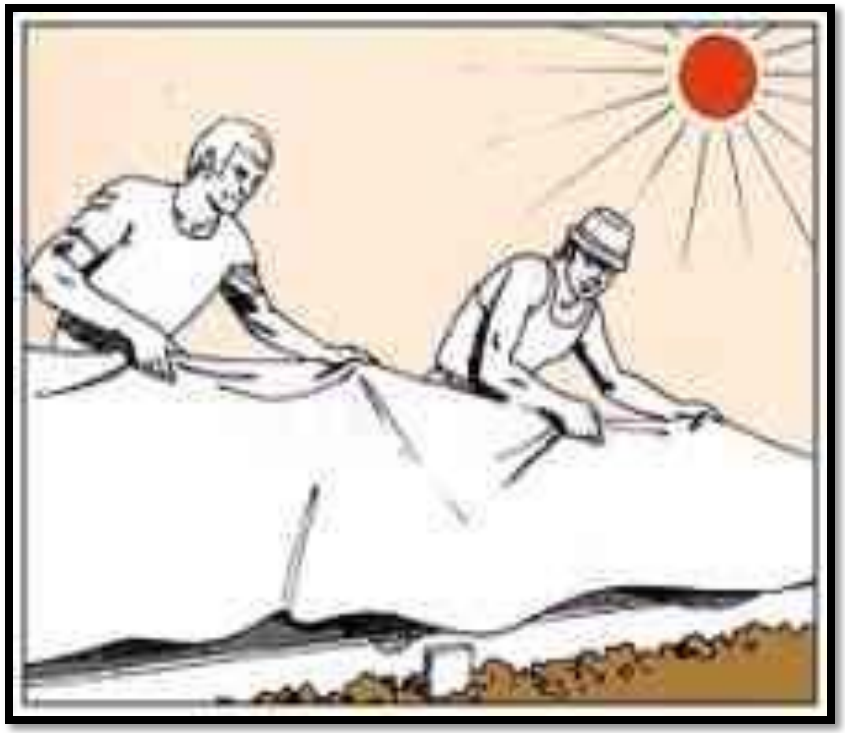
پاشیدن آب روی بتن



پاشیدن آب روی بتن

Membrane Curing of Concrete



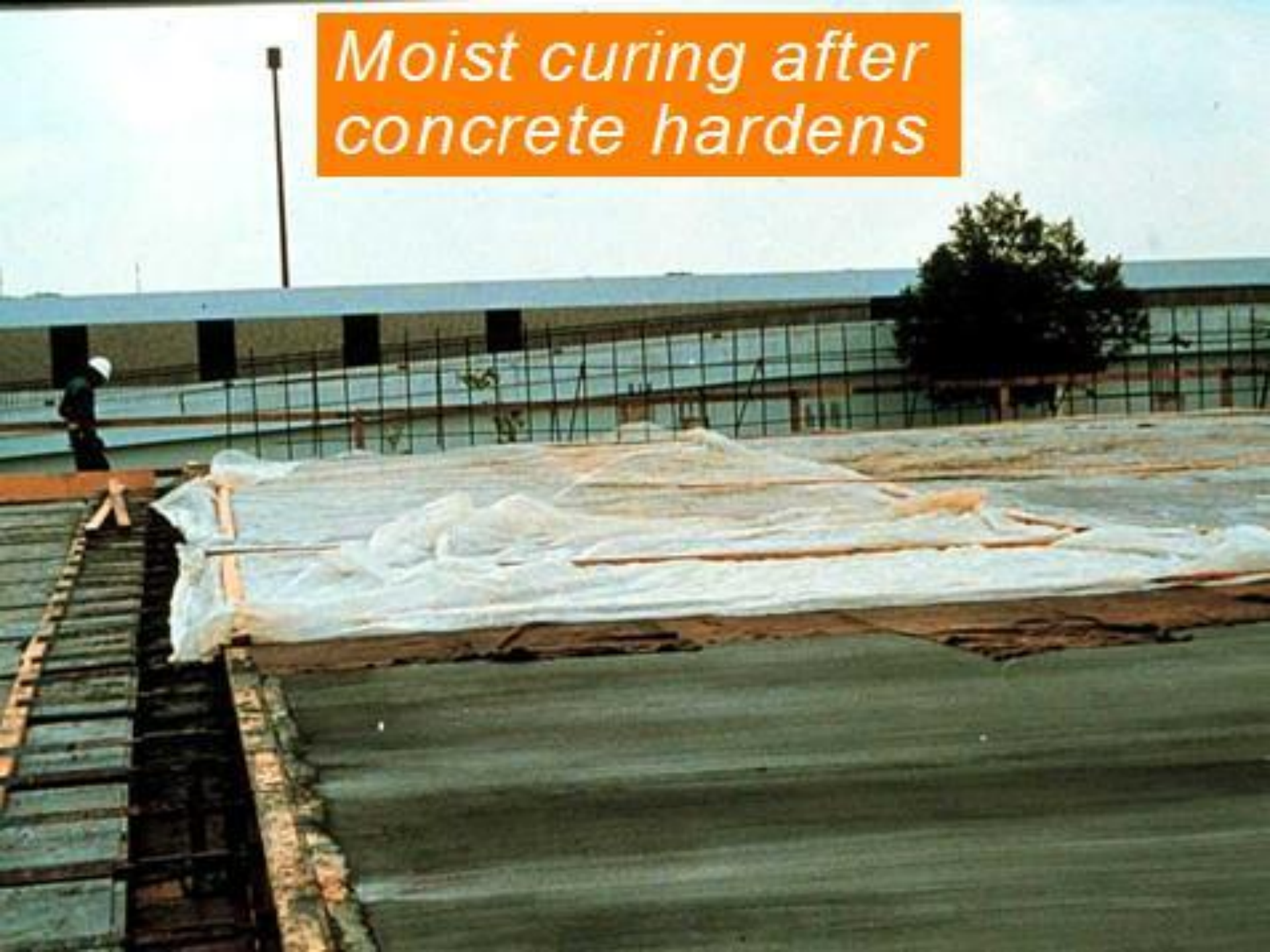


Curing and Protection

- Curing should begin immediately after finishing

Curing

کیورینگ بتن با استفاده از پلاستیک


Moist curing after
concrete hardens

Curing Methods

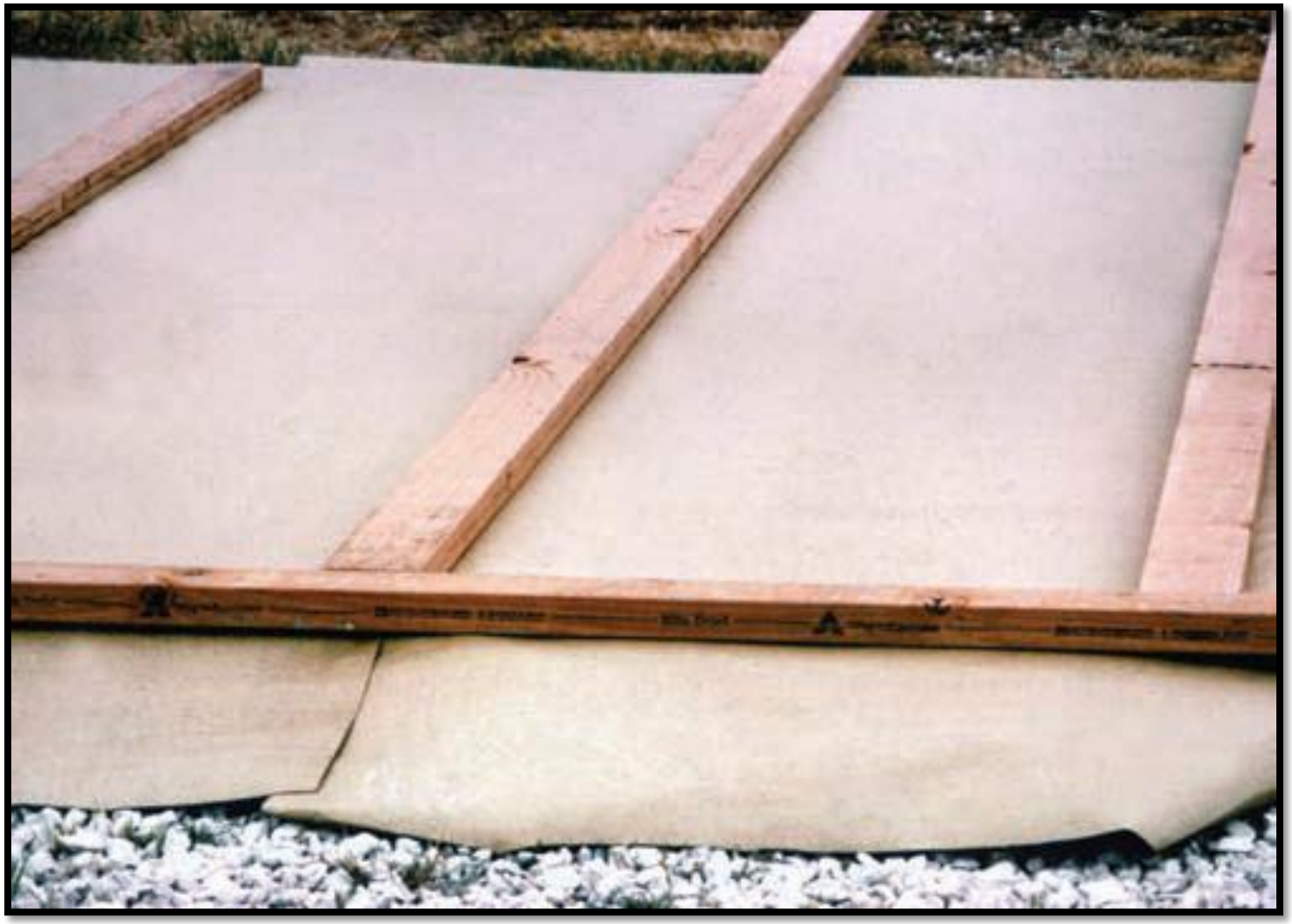
- Plastic sheets روش عایقی

- Membrane-forming curing compounds

نگهداری از ستون ها بعد از باز کردن قالب

کیورینگ بتن با استفاده از گونی

IMPERVIOUS PAPER کاغذهای نفوذ ناپذیر



خلاصه :

- برای بتن ریزی در هوای گرم توجه به موارد زیر ضروری است:

۱- در دمای بالاتر از ۳۰ درجه رعایت شرایط و ضوابط بتن ریزی در هوای گرم لازم می باشد.

۲- هوای گرم تاثیرات قابل ملاحظه بر خصوصیات بتن تازه دارد (افت اسلامپ، افزایش تقاضای آب، سختی ریختن و پرداخت سطحی، افزایش سرعت گیرش، افت پلاستیک، ...).

۳- هوای گرم تاثیرات قابل ملاحظه بر خصوصیات بتن سخت شده دارد (کاهش مقاومت ۲۸ روزه، افت خشک شدگی، کاهش دوام، افزایش خوردگی میلگرد، افزایش نفوذ پذیری، ...).

۴- برای بتن ریزی در هوای گرم توجه به موارد زیر ضروری است:

الف) استفاده از مصالح و طرح اختلاط مناسب

ب) خنک کردن مصالح بتن

ج) استفاده از بتن روان و ویسکوز

د) سرعت دادن به عملیات حمل و بتن ریزی

ه) استفاده از مواد افزودنی مناسب

و) شروع سریع عملیات مراقبت مرطوب و پیوسته

ز) بتن ریزی در شب و یا ساعات خنک‌تر

ی) لازم است اقدامات مناسب جهت خنک کردن قالب‌ها و میلگردهای فولادی قبل از بتن ریزی انجام گیرد.

۵ - در خنک کردن مصالح بتن، باید توجه شود که برای خنک کردن بتن معادل ۱ درجه، لازم است یکی از مصالح به میزان زیر خنک شود

- الف) آب به میزان ۴ درجه
- ب) دانه‌ها به میزان ۲ درجه
- ج) سیمان به میزان ۸ درجه

۶- موثرترین روش خنک کردن بتن، سرد کردن آب و یا استفاده از پودر یخ در بتن است؛ ولی سایه اندازی بر مصالح و پوشش سفید بر آن‌ها نیز می‌تواند مفید واقع شود.

- ✓بتن ریزی در ساعت های خنک تر صبح زود

- ✓سرعت دادن به عملیات حمل وبتن ریزی

- ✓خنک کردن مصالح بتن

- ✓شروع سریع عملیات مراقبت مرطوب و پیوسته

- ✓لازم است اقدامات مناسب جهت خنک کردن قالب ها و میلگردهای فولادی قبل از بتن ریزی انجام گیرد.

- موثرترین روش خنک کردن بتن،سردکردن آب ویا استفاده از پودر یخ در بتن است.