

# **Cold-Weather Concreting**

بتن ریزی در هوای سرد

**Luke M. Snell, P.E**

**Concrete Consultant**

**Emeritus Professor of Construction, SIUE**

**Professor, Aria University of Science and Sustainability**

# Cold Weather

## (ACI 306 Definition)

(تعریف هوای سرد)

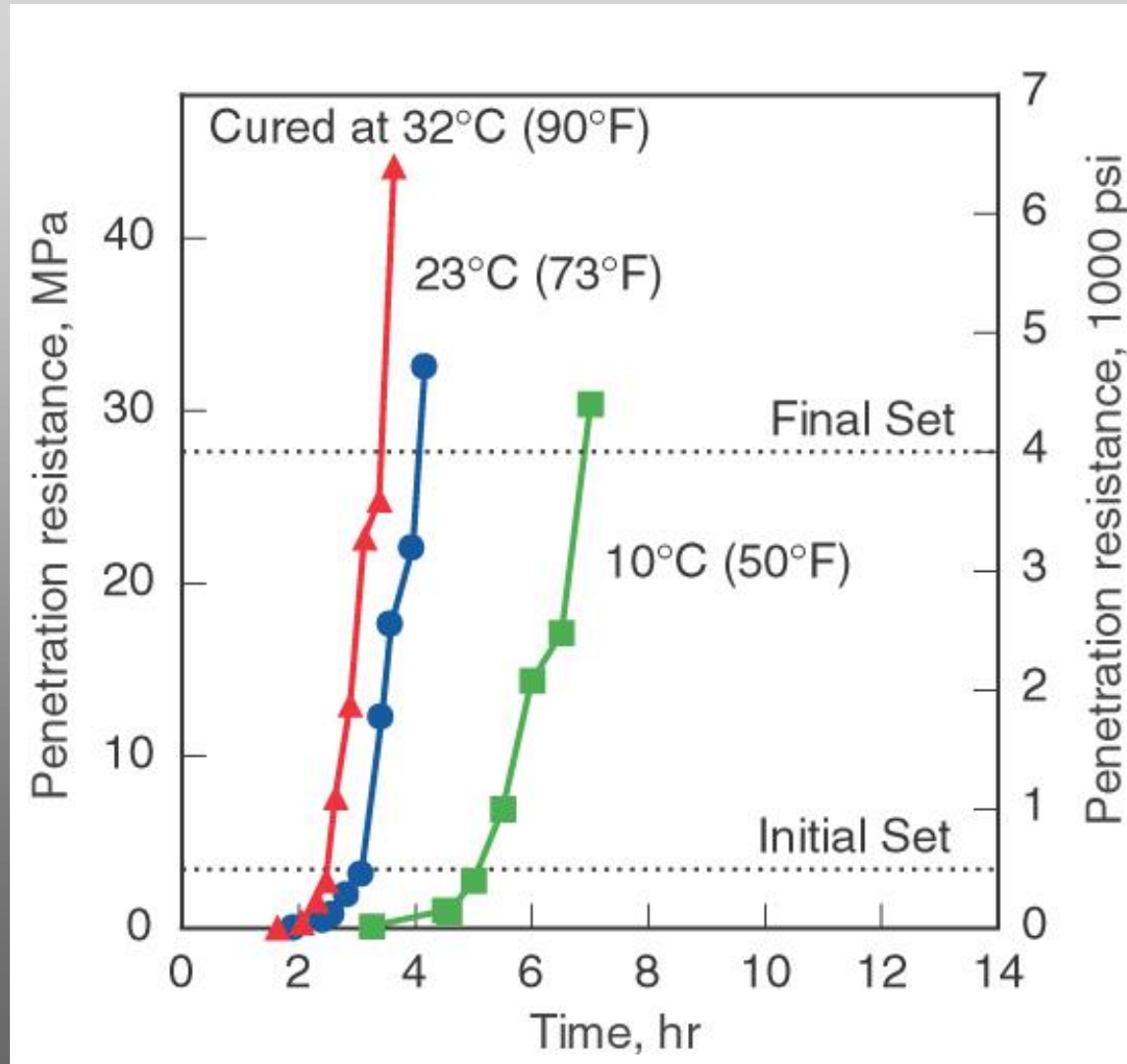
- When the air temperature is below or expected to be below **4 C** during the protection period

■ زمانی که دمای هوا در طول دوره حفاظت زیر ۴ درجه سانتی‌گراد باشد یا انتظار می‌رود که به زیر ۴ درجه سانتی‌گراد برسد.



# Setting Times at Different Temperatures

زمان‌های گیرش در دماهای مختلف



# Rule of Thumb

قاعده کلی

**“For every  $10^{\circ}\text{C}$  reduction in concrete temperature, the times of setting of the concrete doubles”**

به ازای هر کاهش ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دمای بتن، زمان گیرش بتن دو برابر می‌شود.

# Rule of Thumb - continued

**When the temperature is low, this increases the amount of time that the concrete can be damaged due to freezing.”**

هنگامی که دما پایین است، زمان آسیب‌پذیری بتن در برابر یخ‌زدگی افزایش می‌یابد.

# Hydration

هیدراسیون

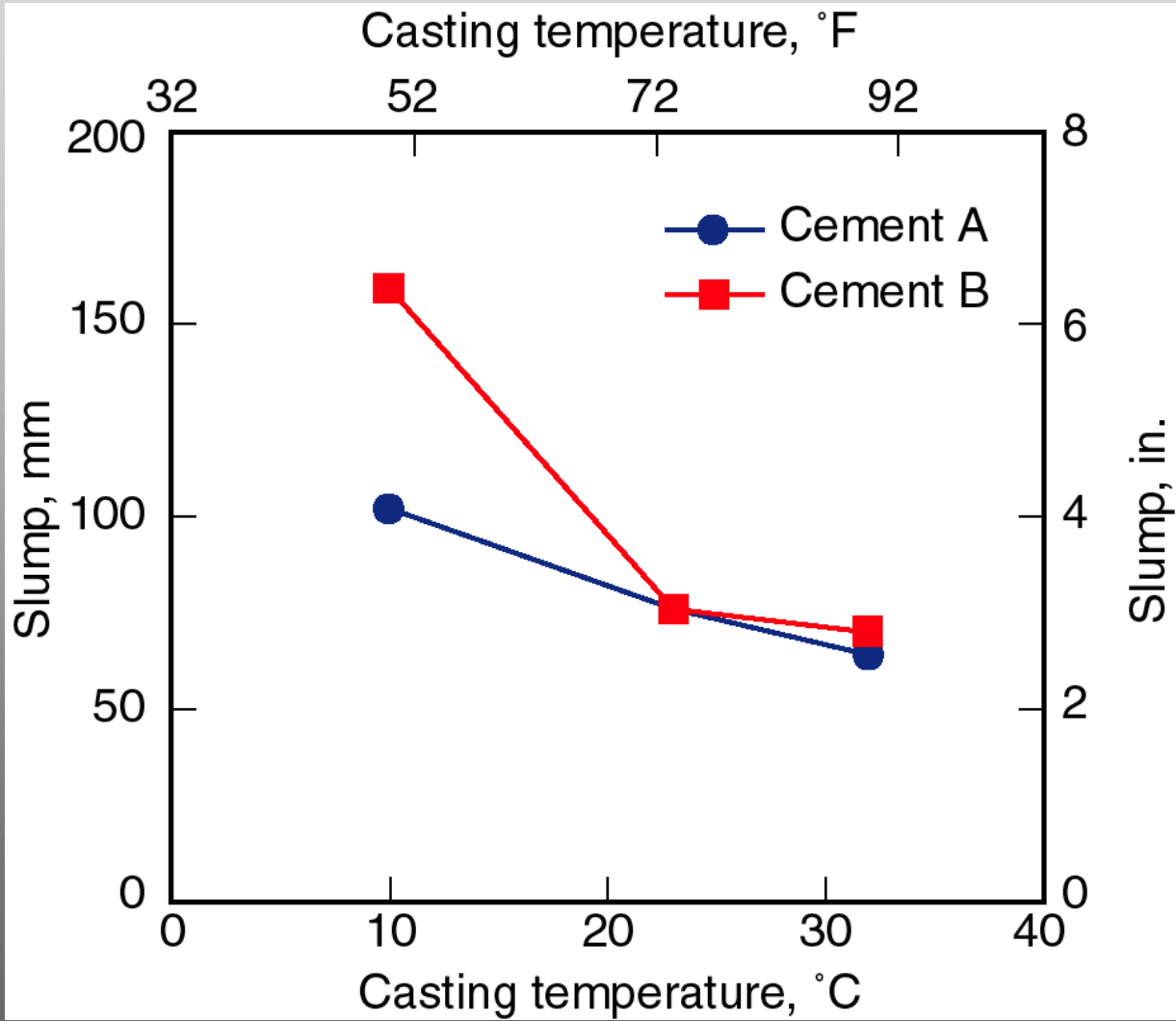


**Ceases at**

**-10 °C**

# Effect of Casting Temperature on Slump

تأثیر دمای جابدهی بتن بر اسلامپ



# Cements

انواع سیمان

**Not all cements will act the same**

همه سیمان‌ها به یک شکل عمل نخواهند کرد

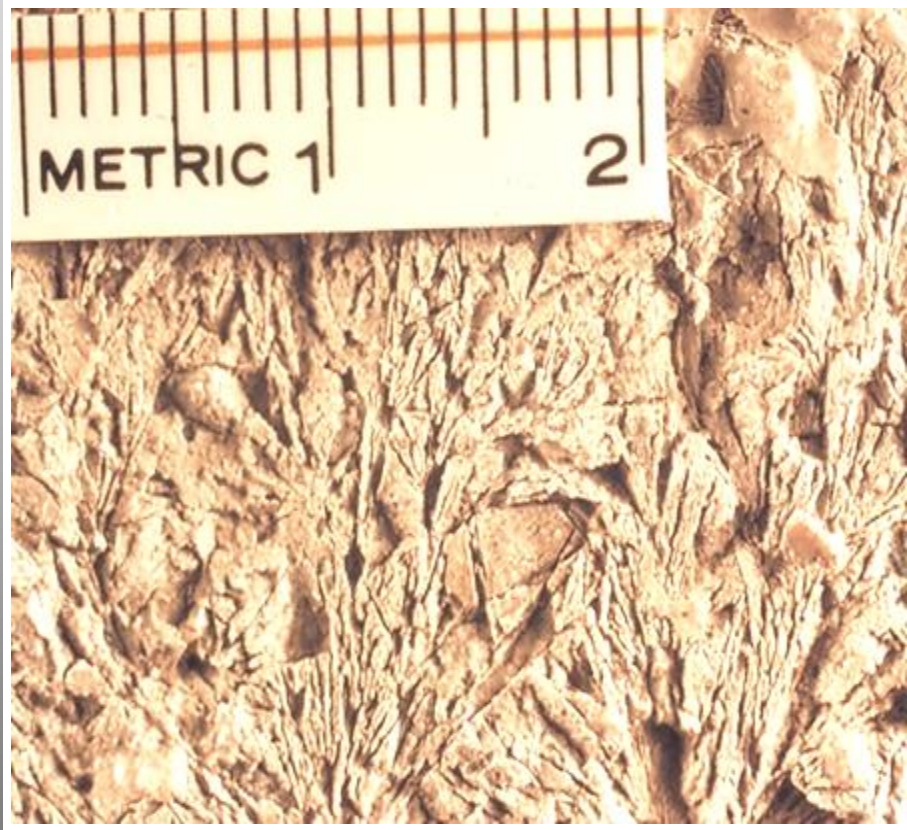
**Not all mixture designs will act the same**

همه طرح اختلاط‌ها به یک شکل عمل نخواهند کرد



# Effect of Freezing Fresh Concrete

تأثیر یخ زدگی بتن تازه



- **Up to 50% reduction of ultimate strength can occur if frozen before concrete reaches 3.5 Mpa**

■ کاهش مقاومت نهایی تا ۵۰٪ ممکن است رخ دهد اگر بتن قبل از رسیدن به ۳/۵ مگاپاسکال یخ بزند.

# If Unexpected Freezing

اگر یخزدگی غیرمنتظره رخ دهد

**Concrete should be OK if the strength was above 3.5 MPa**

**before exposed to a single freezing**

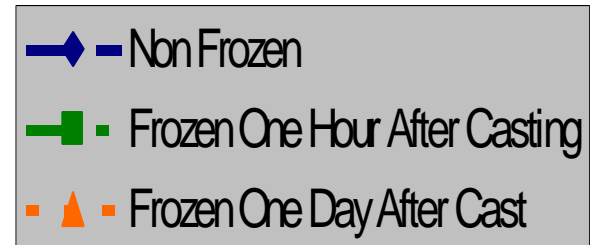
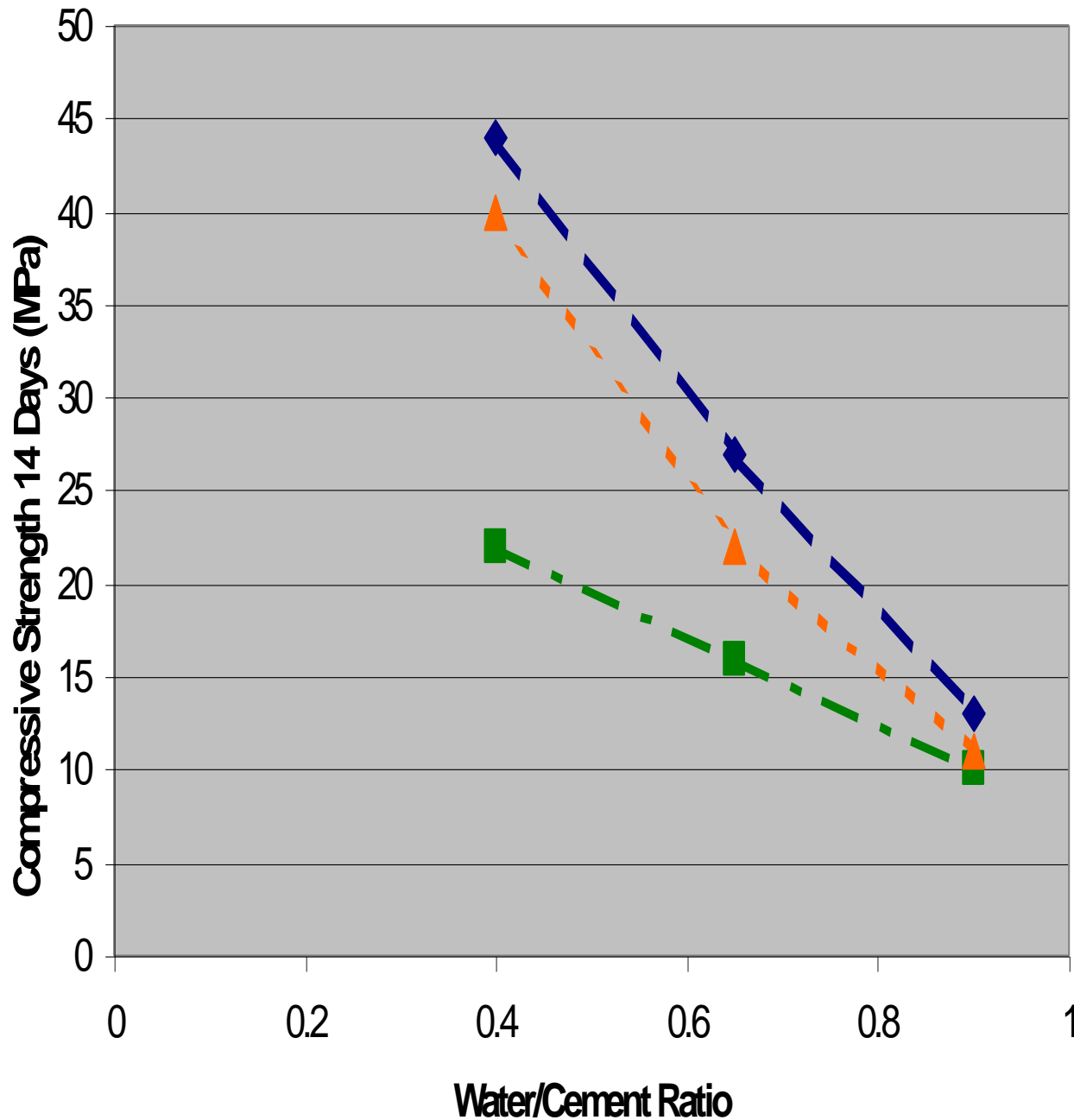
برای بتن مشکلی پیش نمی آید، مشروط بر اینکه مقاومت فشاری آن قبل از قرار گرفتن در معرض یک بار یخزدگی بیش از ۳/۵ مگاپاسکال بوده باشد.

# Frozen Concrete Experiments

آزمایش‌های بتن یخ‌زده

# Mixture Design

- 50 mm cubes
- Fine aggregate – 1500 grams
- Cement – 500 grams
- Water/Cement ratio – 0.40,0.65,0.90



**Comparison graph of frozen concrete at one hour and one day to unfrozen concrete**

نمودار مقایسه‌ای بتن یخزده در یک ساعت و یک روز با بتنی که یخزده است.

# High slumps will cause problems

اسلامپ ها بالا مشکلاتی ایجاد می نمایند

**Use concrete with a **lower** slump**

**If bleed water is present on flat work,**

**skimmed off with a hose prior to troweling**

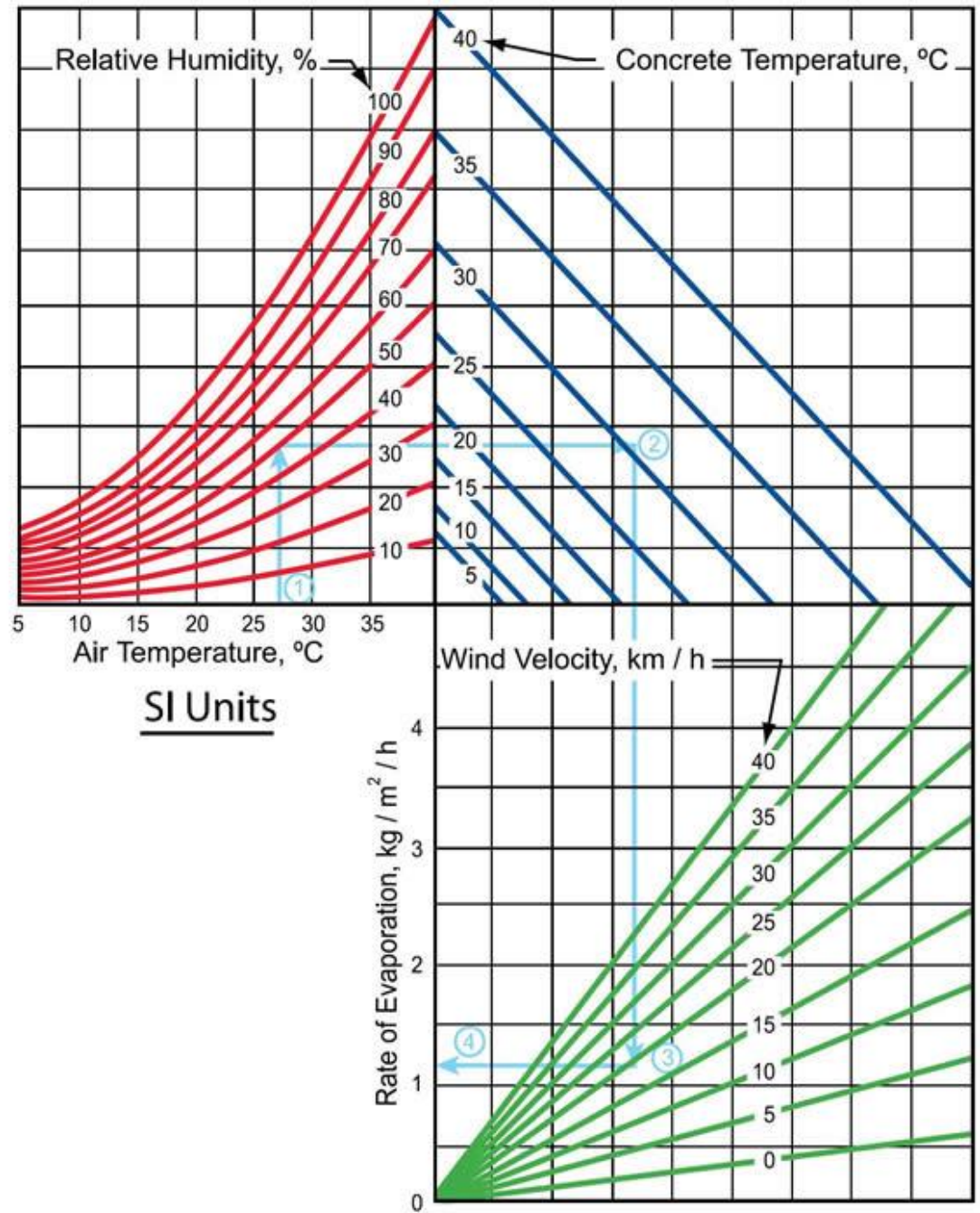
از بتنی با اسلامپ پایین تر استفاده کنید

اگر آب حاصل از آب انداختگی روی سطح کار وجود دارد،

قبل از ماله کشی حذف شود

# Evaporation of Surface Moisture from Concrete. Even in wind and Low Humidity.

تبخیر رطوبت سطحی از بتن  
حتی در باد و رطوبت کم





**Note the Wind Screens**

به پارچه‌های محافظ باد توجه شود



# Pre - Placement

پیش از جایدھی

**All ice and snow *MUST* be removed**

**from forms, decks and subgrades**

**prior to placing concrete**

تمام یخ و برف باید

قبل از جایدھی بتن از قالبها، سطوح زیر کار و کف های  
فونداسیون برداشته شوند.

# Pre - Placement

پیش از جایدھی

**The temperature of subgrade and forms needs to be **above freezing****

**Concrete should NOT be placed on frozen sub-grade**

دمای سطوح زیرکار (سابگرید) و قالب‌ها باید بالاتر از صفر درجه باشد.

بتن نباید بر روی بستر منجمد ریخته شود.

# Cold-Weather Concreting

بتن ریزی در هوای سرد

## Methods to accelerate strength gain:

روش های سریع افزایش مقاومت:

### **Type III or high-early-strength cement**

استفاده از سیمان های زودمقاومت دهنده یا تیپ ۳

### **Additional portland cement (50 to 100 kg/m<sup>3</sup>)**

افزایش میزان مصرف سیمان پرتلند (از ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر متر مکعب)

### **Chemical admixtures- accelerators**

افزودنی های بتن - زودگیرها

# Portland Cement

سیمان پرتلند

**Type I** portland cement is a normal general-purpose cement

**Type III** portland cement is a high early strength cement and causes concrete to set and gain strength rapidly

سیمان پرتلند تیپ I ، یک سیمان معمولی و عمومی است.

سیمان پرتلند تیپ III سیمانی با مقاومت اولیه بالا است که باعث می شود بتن سریعاً سفت شده و مقاومت را به سرعت بدست آورد.

# Portland Cement

سیمان پرتلند

**Type III is like Type I except that it is ground finer – cost more**

**Normally used at Precast Plants**

**Not normally used on Jobsites**

تیپ III مشابه تیپ I است به جز اینکه ریزتر آسیاب شده است – هزینه بالاتری دارد.  
معمولاً در کارخانه های قطعات پیش ساخته استفاده می شود.  
به طور معمول در پروژه ها استفاده نمی شود.

# Effect of Temperature of Materials on Concrete Temperatures

$$T = \frac{0.22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_{wa} M_{wa}}{0.22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa}}$$

$T$  = temperature of the freshly mixed concrete, °C

دمای بتن تازه مخلوط شده به درجه سانتی‌گراد

$T_a$ ,  $T_c$ ,  $T_w$ , and  $T_{wa}$  = temperature in °C of aggregates, cement, added mixing water, and free water on aggregates, respectively

دمای مصالح سنگی، سیمان، آب اضافه‌شده به مخلوط و آب آزاد روی مصالح سنگی، به ترتیب به درجه سانتی‌گراد.

$M_a$ ,  $M_c$ ,  $M_w$ , and  $M_{wa}$  = mass, kg, of aggregates, cementing materials, added mixing water, and free water on aggregates, respectively

جرم، کیلوگرم، مصالح سنگی، مواد سیمانی، آب اضافه‌شده به مخلوط، و آب آزاد روی مصالح سنگی، به ترتیب.

# EXAMPLE:

Mixture, kg per cubic meter

Aggregates, 1,406 kg @ -7 C

Cement, 256 kg @ 27 C

Water, 129 kg @ 7 C

Temperature of Concrete = 1 C

Need to heat the water to 21 C if concrete temperature is required to be 5 C.

لازم است آب را تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد گرم کرد اگر دمای بتن مورد نیاز ۵ درجه سانتی‌گراد باشد.

# Do not use “Hot Concrete”

**The concrete and the ground  
should be no more than  
17 C difference**

دماي بتن و زمين بستر نبايد بيشتتر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد  
تفاوت داشته باشد.



# Heating Materials

گرم کردن مصالح

■ Water

آب

■ Aggregates

مصالح سنگی



# Admixtures

- **Calcium Chloride ( $\text{CaCl}_2$ ), is to be added to the mix water**

**Not added directly to the concrete**

■ کلرید کلسیم  $\text{CaCl}_2$  باید به آب مخلوط اضافه شود، نه مستقیماً به بتن.



# Why Calcium Chloride in Concrete?

چرا بتن با کلرید کلسیم؟

**high initial strength**

مقاومت اولیه بالا

**reduced final set time**

کاهش زمان گیرش نهایی

**improved workability**

بهبود کارایی

**fast form work turnaround**

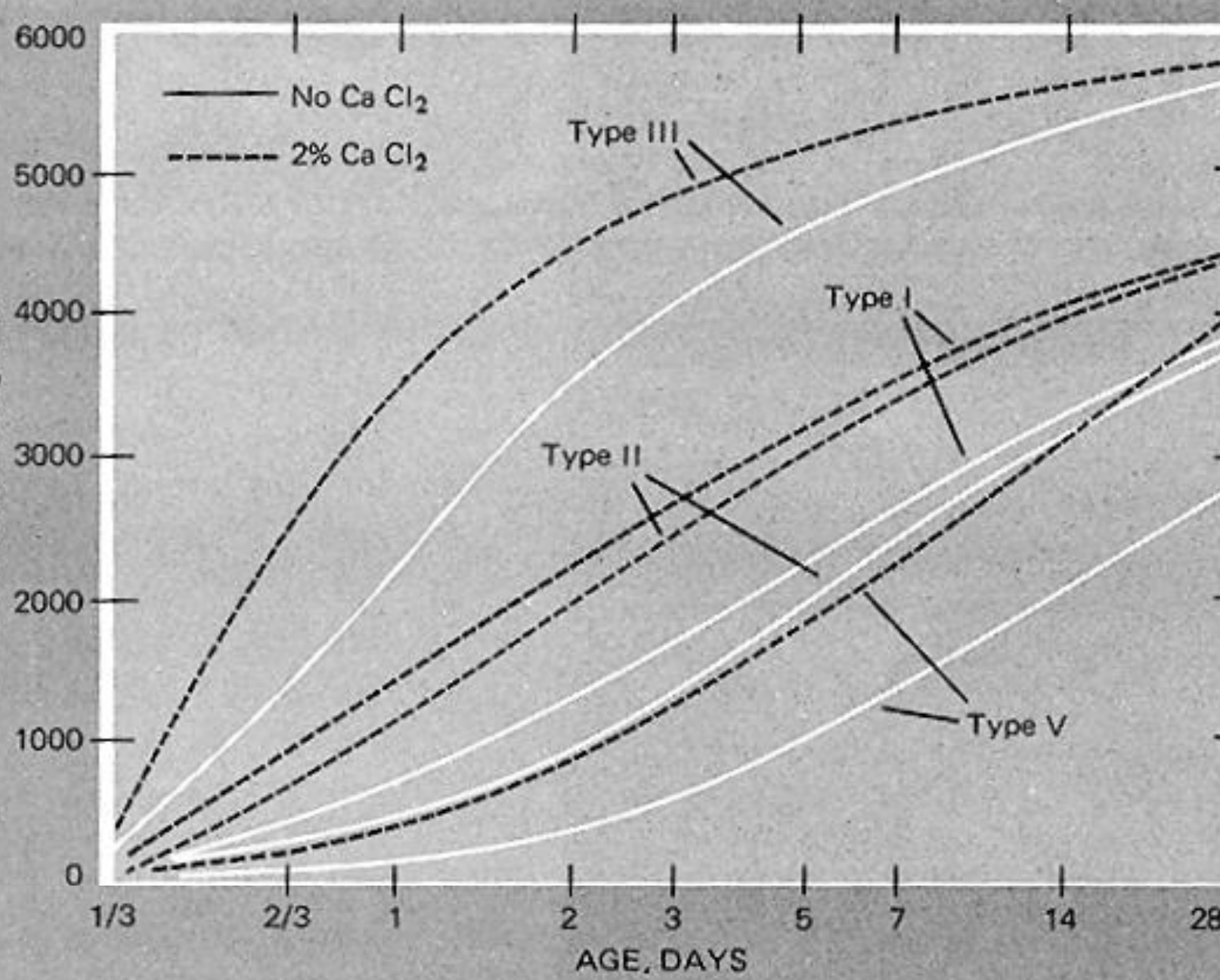
سرعت بالای باز شدن قالبها

**greater cost effectiveness**

صرفه اقتصادی بیشتر

Compressive strength, megapascals

Compressive strength, psi



**Calcium chloride increases the strength**

# Why not use Calcium Chloride

**Increases drying shrinkage**

افزایش جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن

**Potential reinforcement corrosion**

احتمال خوردگی آرماتور

**Potential Scaling**

امکان پوسته‌شدن سطح

**Darken concrete.**

تیرگی بتن

# The Building Code will not allow Calcium Chloride to be used:

مقررات ملی ساختمانی اجازه استفاده از کلرید کلسیم را نمی‌دهد:

## **Prestressed concrete**

بتن پیش‌تنیده

## **Concrete with embedded aluminum**

بتنی که دارای آلومینیوم مدفون است

## **Concrete cast on metal decks**

بتنی که روی عرشه فولادی ریخته می‌شود

# Other accelerating admixtures are available

سایر افزودنی‌های شتاب‌دهنده و زودگیر نیز در دسترس هستند

These are **nitrates and nitrites.**

این‌ها شامل نیترات‌ها و نیتریت‌ها هستند

**They are not as effective as calcium chlorides but do not cause corrosion issues**

آن‌ها به اندازه کلرید کلسیم مؤثر نیستند اما مشکلات خوردگی ایجاد نمی‌کنند

# Curing requirement

الزامات عمل آوری

**You must monitor the curing environment for first 7 days**

باید محیط عمل آوری را در ۷ روز اول کنترل کنید.

**Temperatures should be maintained above 10 C**

دمای بتن باید بالاتر از ۱۰ درجه سانتیگراد حفظ شود



# **In most cases**

در بیشتر موارد

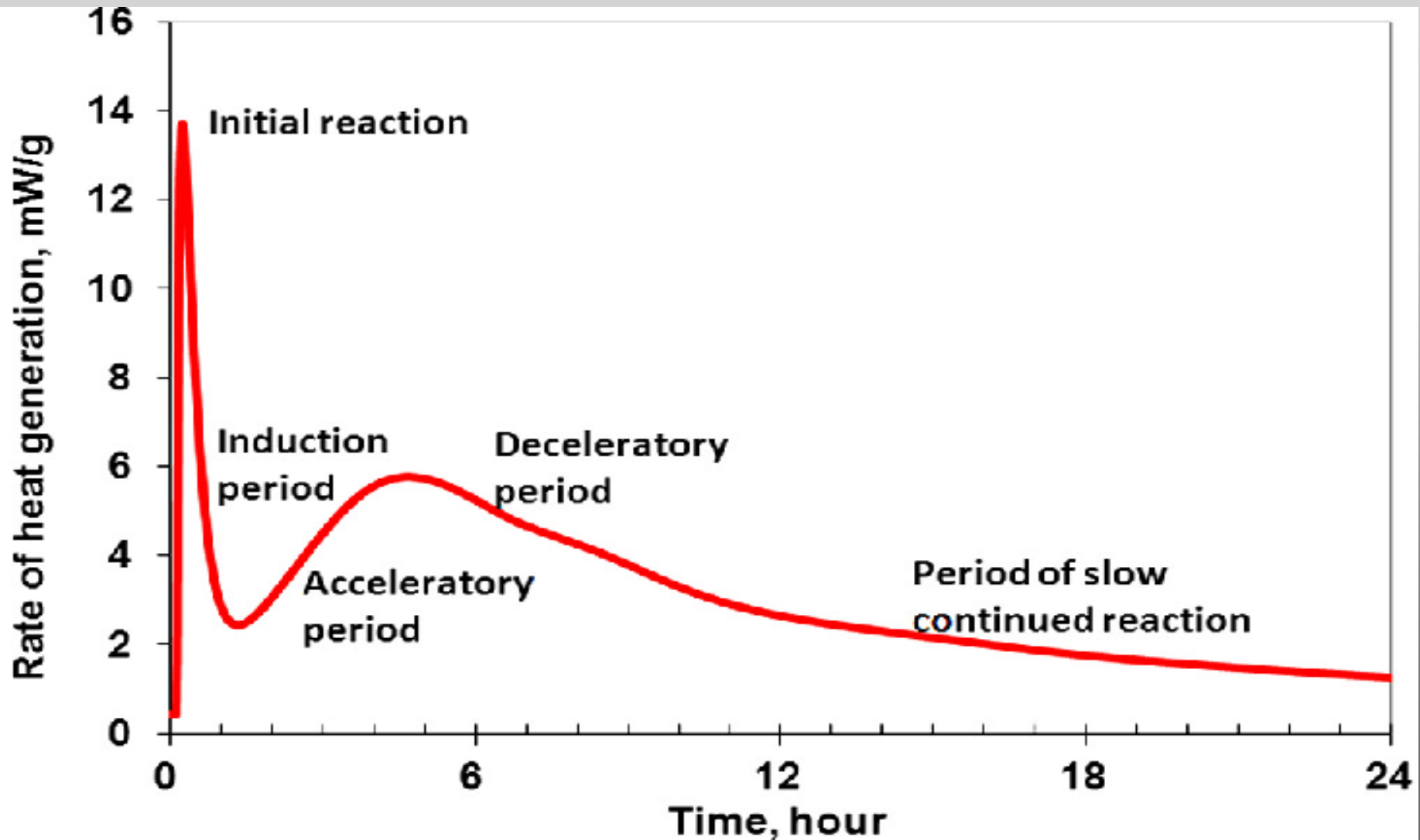
**Insulating blankets will provide**

**adequate temperature protection**

پتوهای عایق، حفاظت دمایی کافی را فراهم می‌کنند

# Graph of Heat of Hydration

نمودار حرارت هیدراسیون



# Insulating Blanket

پتوهای عایق



# Retains the Heat of Hydration

حرارت هیدراتاسیون را حفظ می‌کند



# Insulating Blankets

پتوهای عایق

**Must be dried out between use**

باید بین استفاده‌ها خشک شوند

**Will get wet when in contact with the concrete**

در تماس با بتن خیس خواهند شد

**Will not protect the concrete if wet**

اگر خیس باشند، از بتن محافظت نخواهند کرد



# Enclosures

محفظه‌ها



- Wood چوب
- Canvas برزنت
- Tarps روکش‌های برزنتی
- Polyethylene Film فیلم پلی اتیلن

# Heated Enclosures

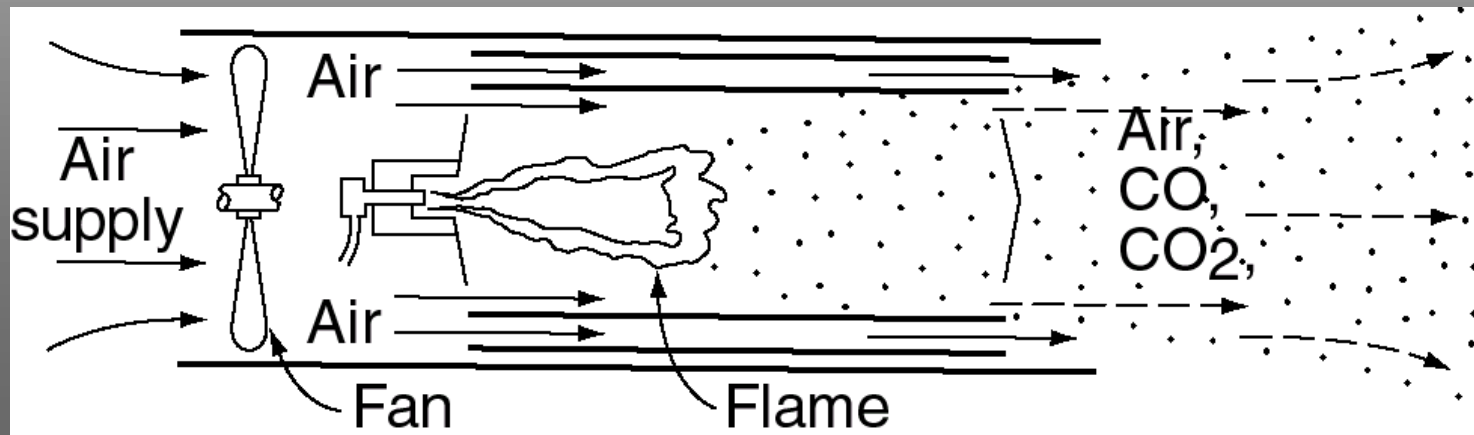
محفظه‌های گرم‌شونده





# Direct-Fired Heater

دستگاه گرمایشی مستقیم





# Direct Fired Heat

## Can be a Safety Problems

گرمایش مستقیم می‌تواند مشکلات ایمنی ایجاد کند.

1. **Carbon dioxide –CO<sub>2</sub>** reacts with calcium hydroxide to form calcium carbonate creating a weak, dusty surface

دی‌اکسید کربن CO<sub>2</sub> با هیدروکسید کلسیم واکنش می‌دهد و کربنات کلسیم تشکیل می‌دهد که سطحی ضعیف و گرد شده (پودری) ایجاد می‌کند

2. **Carbon monoxide - CO and Carbon dioxide –CO<sub>2</sub>**

## Can kill your workers

مونوکسید کربن CO و دی‌اکسید کربن CO<sub>2</sub> می‌توانند سبب مرگ کارکنان شود

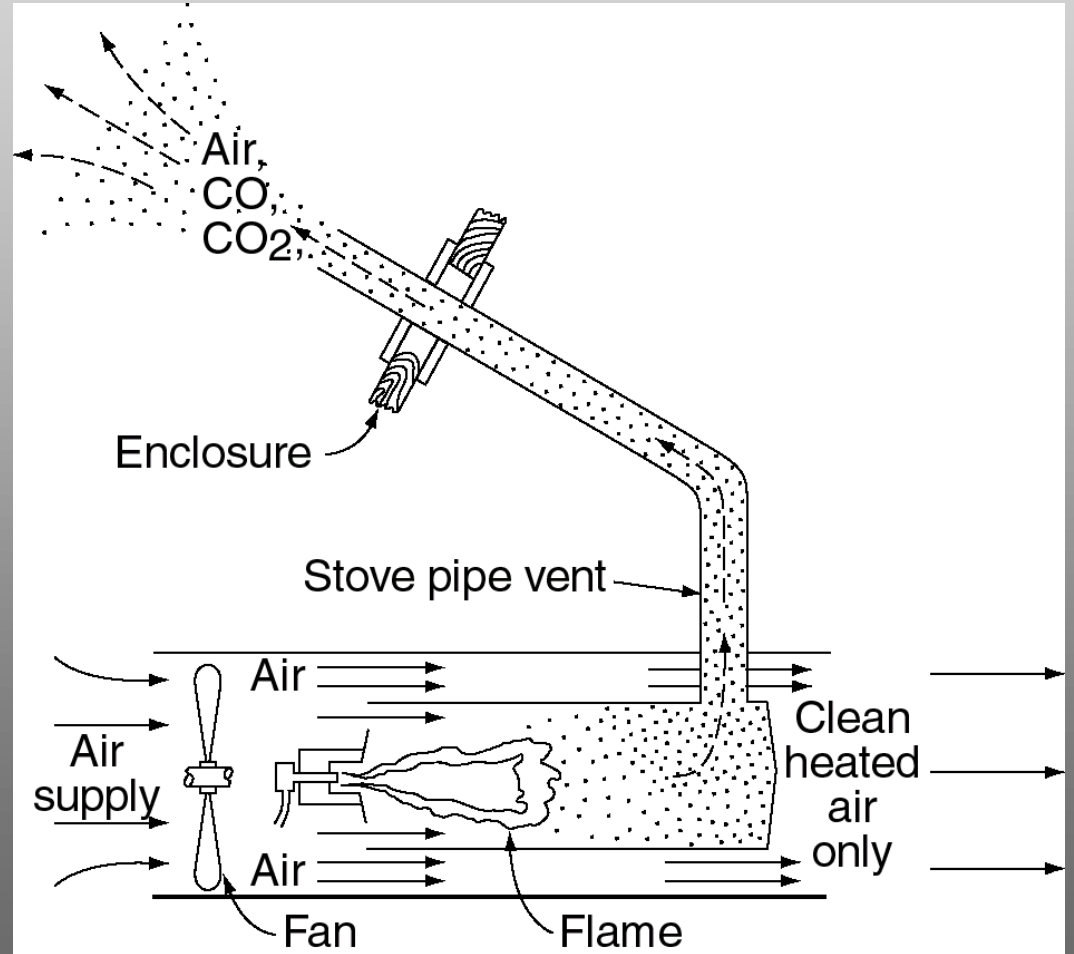
3. **Operation of combustion heaters MUST be supervised continuously**

عملکرد بخاری‌های احتراقی باید به‌طور مداوم تحت نظارت قرار گیرد

# Better method

## Indirect-Fired Heater

روش بهتر: بخاری غیر مستقیم



# Placing Concrete in Cold Weather

بتن ریزی در هوای سرد

**Un-vented heaters will cause the surface to dust - may kill workers !!**

بخاری‌های بدون تهویه باعث گردشگری سطح بتن می‌شوند - ممکن است جان کارکنان را تهدید کند!!



# Cylinders must be Protected

از نمونه های بتن باید محافظت شود

**Cylinders are to be kept between**

**16 - 27 C while in the field**

نمونه های بتنی باید در دمای بین ۱۶ تا ۲۷ درجه سانتیگراد  
در محل پروژه نگهداری شوند.

# Ways of Protecting Cylinders

روش های محافظت از نمونه ها

## Cold weather

هوای سرد



## Hot weather

هوای گرم



**Any Questions?**

