Optimización del Concreto Masivo: Temperatura y Encogimiento

Presentado por:
Ramón L. Carrasquillo, Ph.D., P.E.

03 de noviembre de 2022

温度

Temperatura

Concreto masivo ≠ Tiro de concreto grande

Concreto Masivo

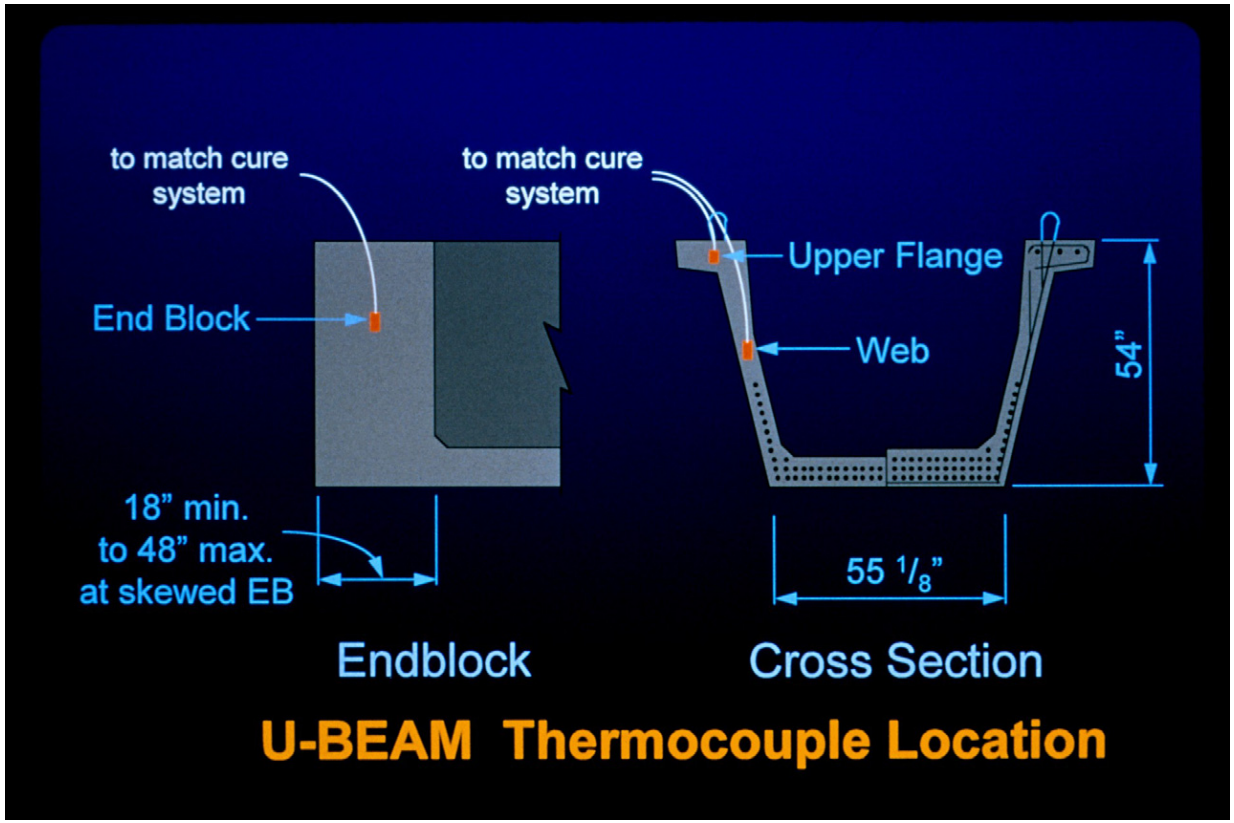
Concreto el cual debido a:

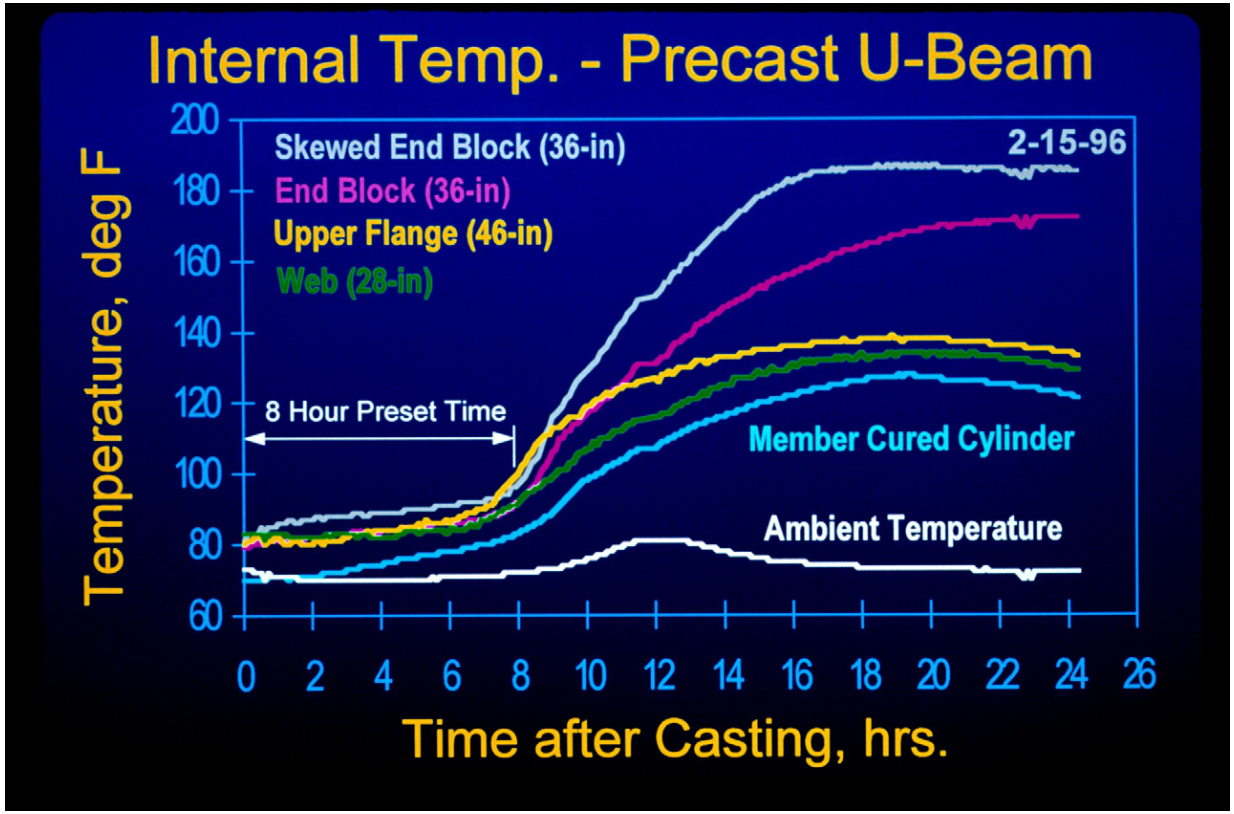
- Dimensiones del vaciado
- Diseño de la mezcla
- Características de los materiales
- Condiciones ambientales
- Requisitos de durabilidad
- Proceso constructivo

Resultan en condiciones termales que afectan la calidad, propiedades, y durabilidad del concreto en sitio.

Concreto Masivo

- Dimensiones mínimas de 5 pies - NO
- Temperatura interna del concreto no debe de exceder los 160 °F durante las primeras 36 horas … ~185 °F – condiciones especiales
- Disipación de Temperatura: concreto no debe de ser expuesto a un gradiente máximo de temperatura interna en exceso de 35 °F entre la superficie y el centro del vaciado durante las primeras 72 horas

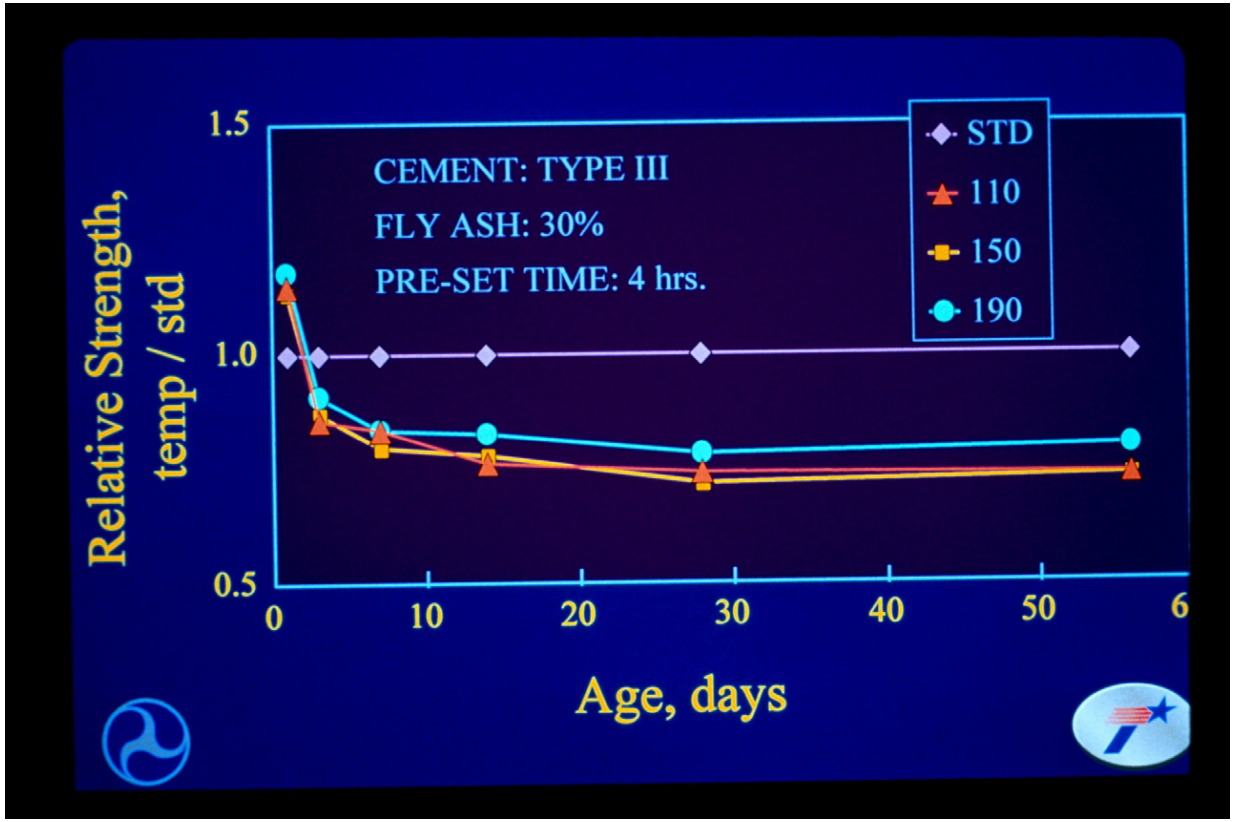

to match cure system
to match cure system
End Block
Upper Flange
Web
54”
18” min.
to 48” max.
at skewed EB
55 1/8”
Endblock
Cross Section
U-BEAM Thermocouple Location


Internal Temp. - Precast U-Beam
Temperature, deg F
200
180
160
140
120
100
80
60
Skewed End Block (36-in)
End Block (36-in)
Upper Flange (46-in)
Web (28-in)
2-15-96
8 Hour Preset Time
Member Cured Cylinder
Ambient Temperature
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26
Time after Casting, hrs.

9-23-94
F-1

Efectos de temperatura en la resistencia del concreto

- Concreto curado a temperaturas altas mayores de ~185 ^{o}F tienen una resistencia y módulo de elasticidad menor que el mismo concreto curado a temperaturas más bajas.

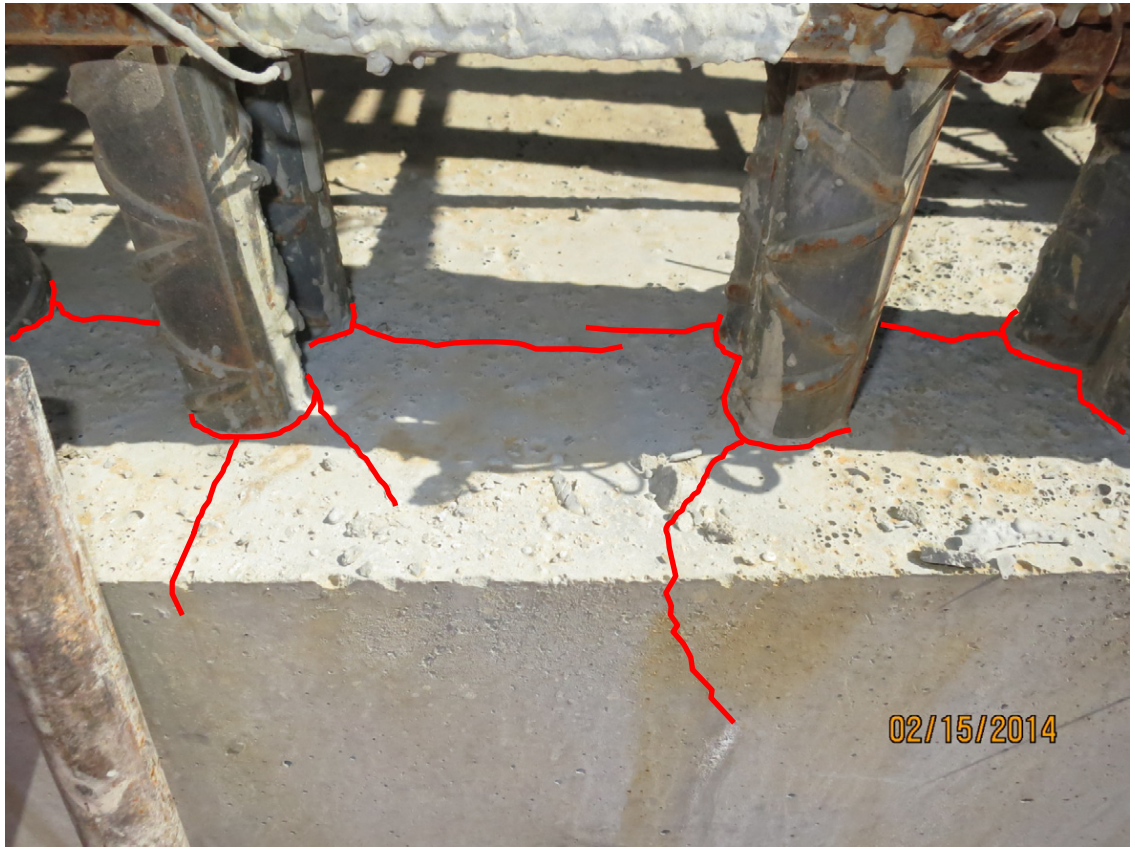

CEMENT: TYPE III
FLY ASH: 30%
PRE-SET TIME: 4 hrs.
STD
110
150
190
Relative Strength, temp / std
1.5
1.0
0.5
0
10
20
30
40
50
6
Age, days

02/15/2014

02/15/2014

Columna Masiva de Alta Resistencia

02/15/2014


02/15/2014

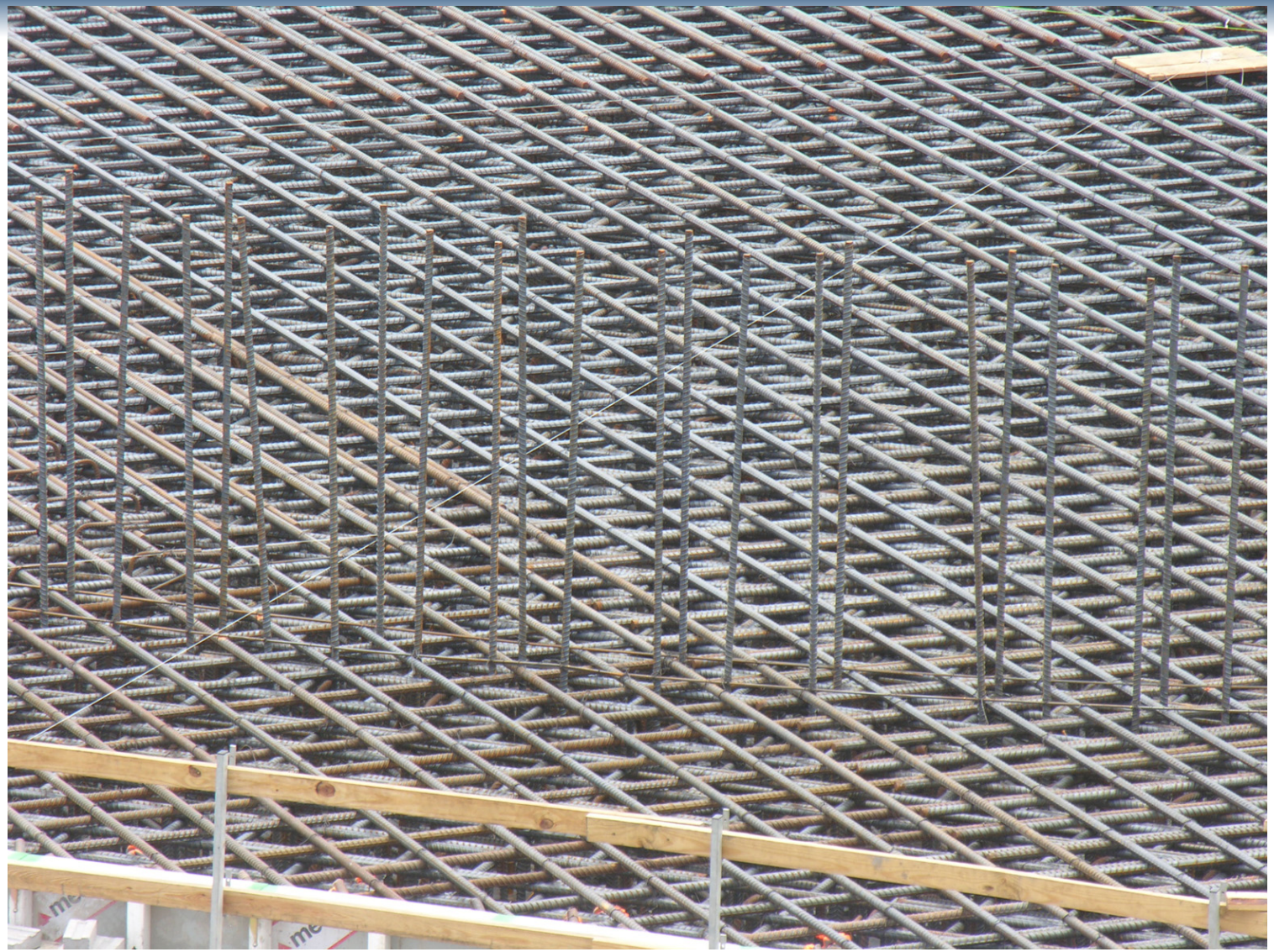
02/15/2014

Cable Stayed Bridge: PR-148 Naranjito

Proyecto: PR-10 Utuado - Adjuntas

UT MD Anderson (UTMDA) Case Study

Acero de refuerzo en construcción masiva



Acero de refuerzo en construcción masiva

Control de Calidad

Calidad de los materiales

&

Temperatura Interna < 160 °F

DEFINICIÓN

Es un tipo de concreto de alto desempeño que se coloca facilmente al interior del encofrado y se compacta por efecto de la gravedad (propio peso) sin aporte de energía alguna de consolidación interna o externa, con una segregación mínima o nula luego de su colocación.

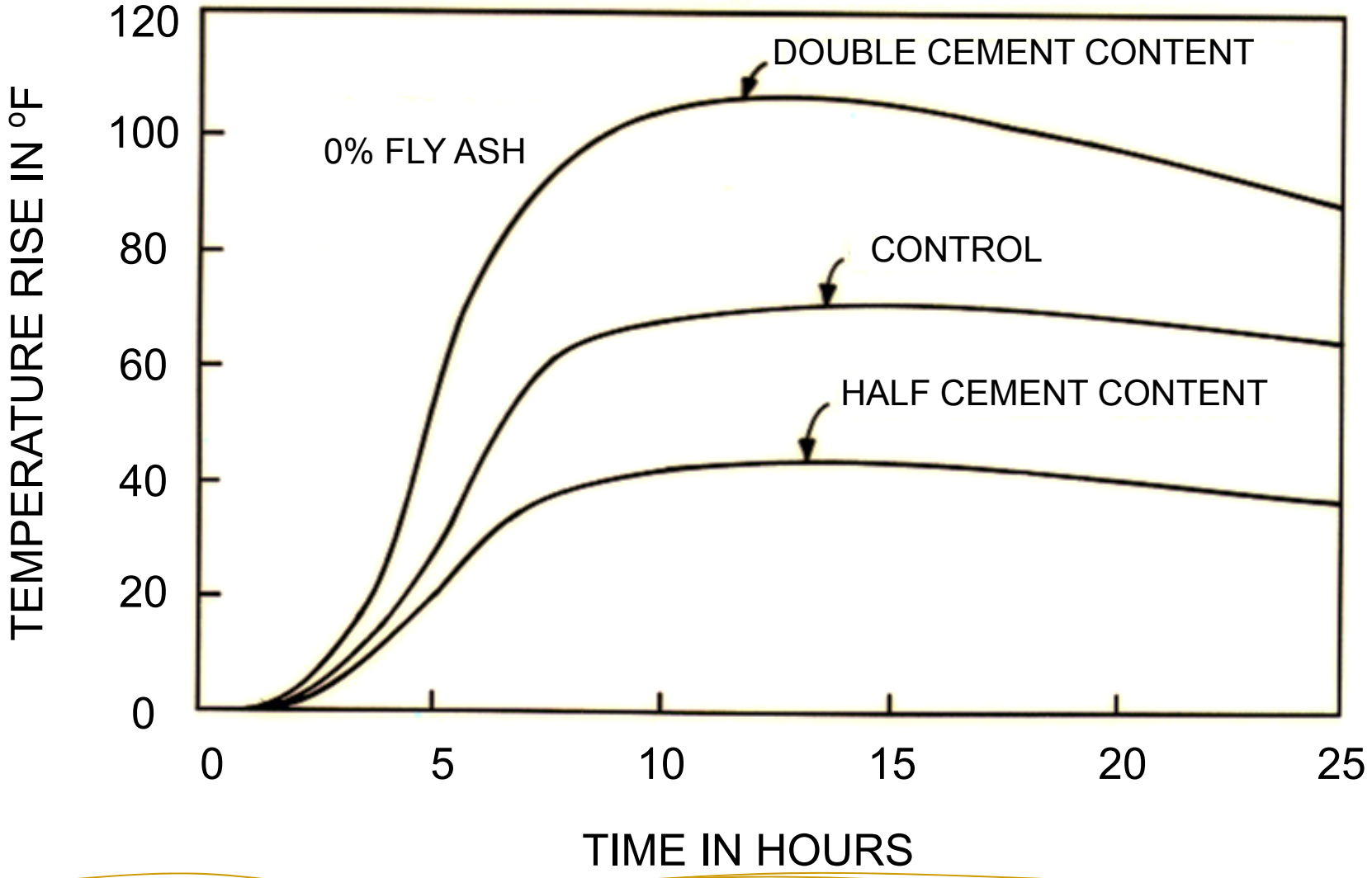
CONTROL DE LA REOLOGÍA

Fuente: Enrique Pasquel

Extensibilidad = 18 – 30 in.

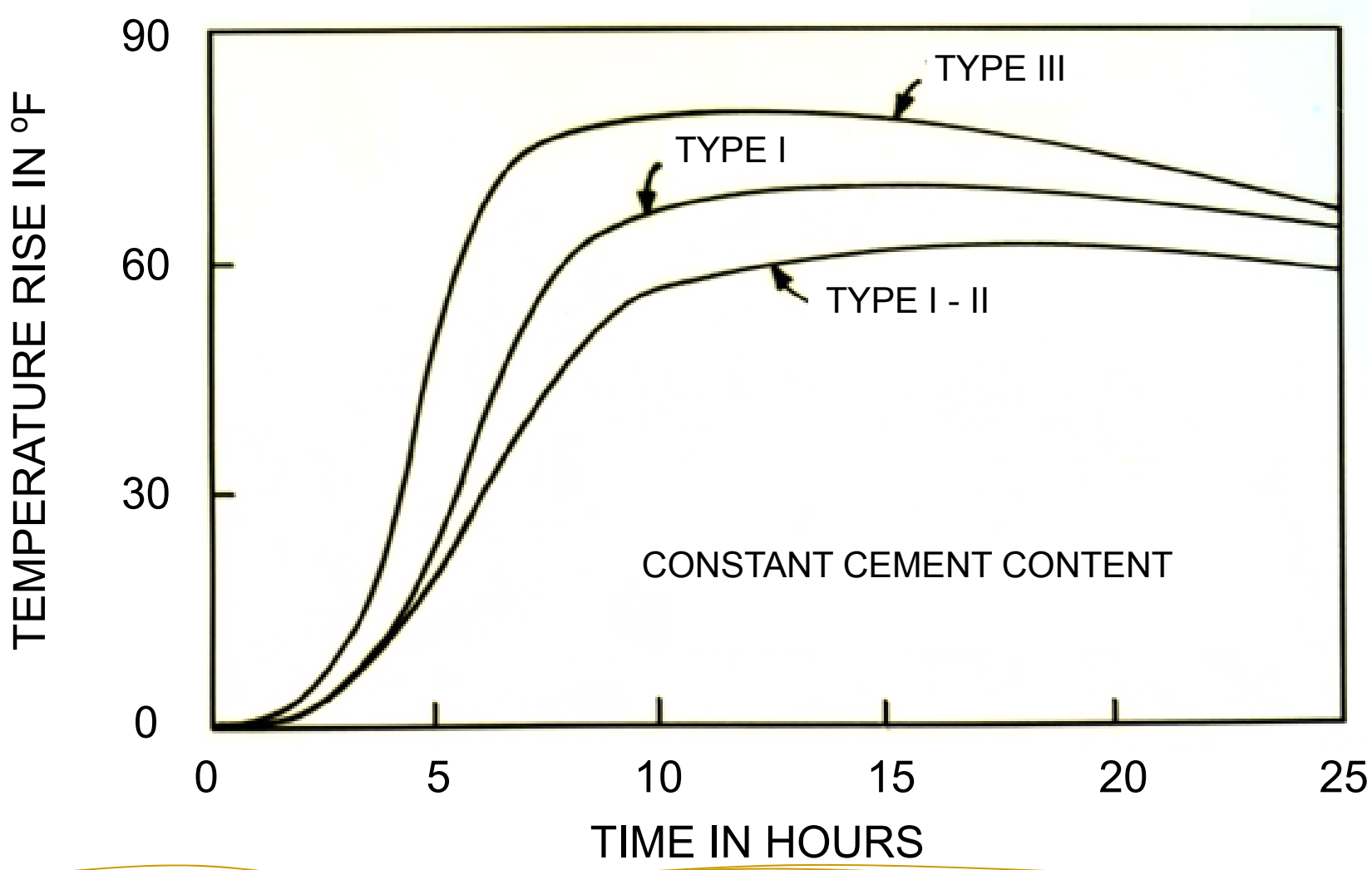
Variable Cement Content

.467 W / C RATIO, TYPE I CEMENT



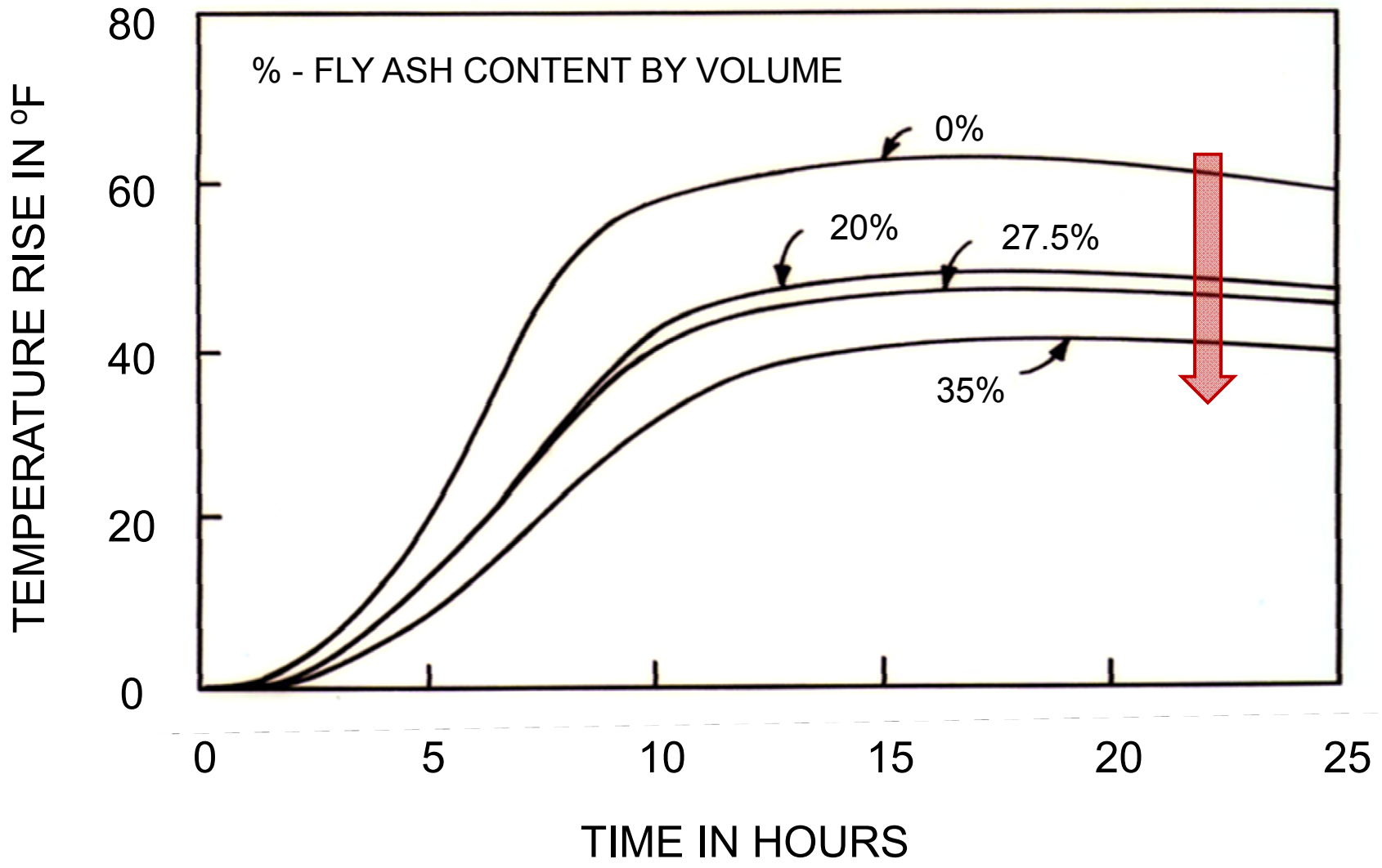
Variable Cement Type

.467 W / (C+FA) RATIO, 0% FLY ASH

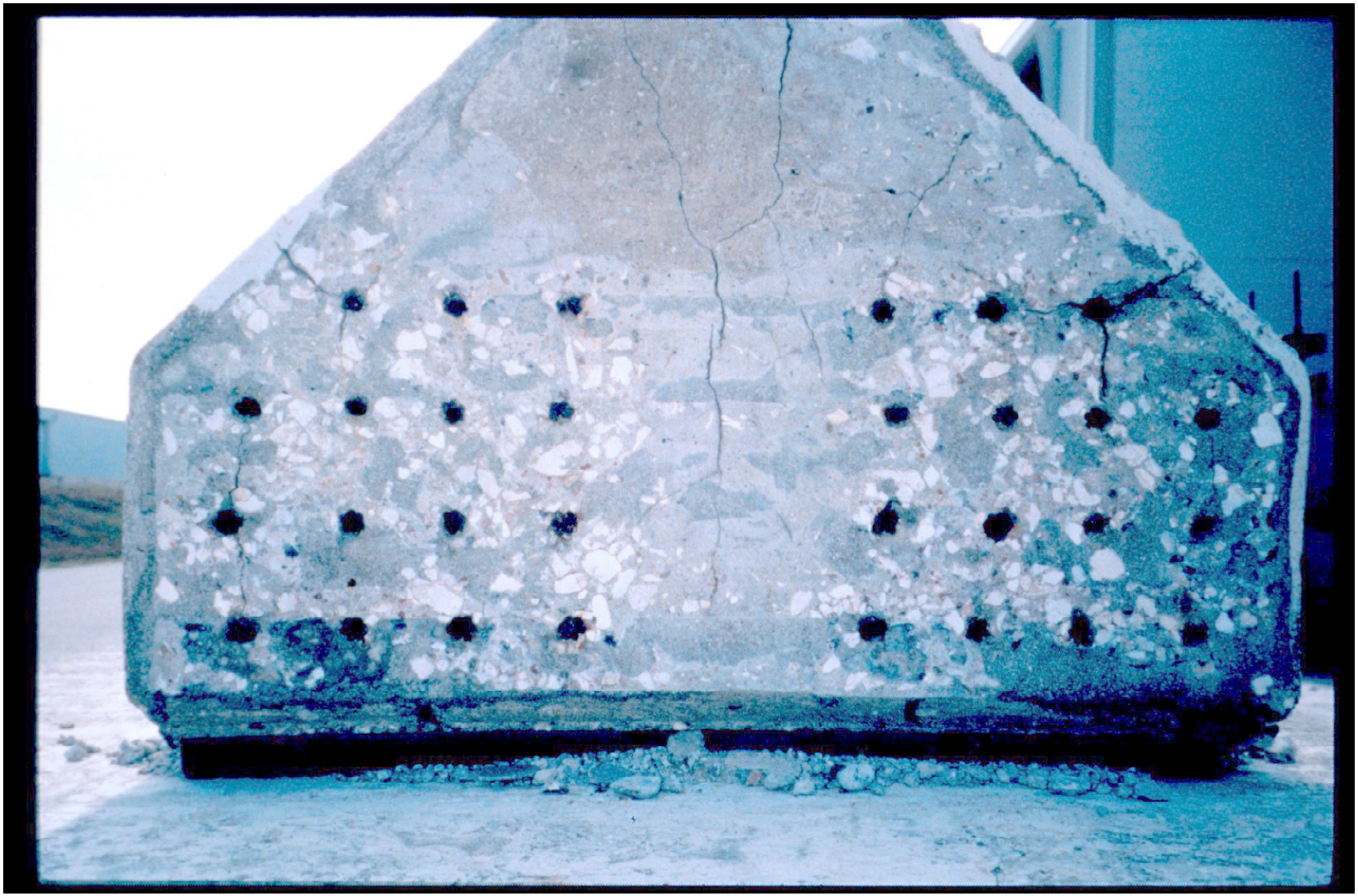


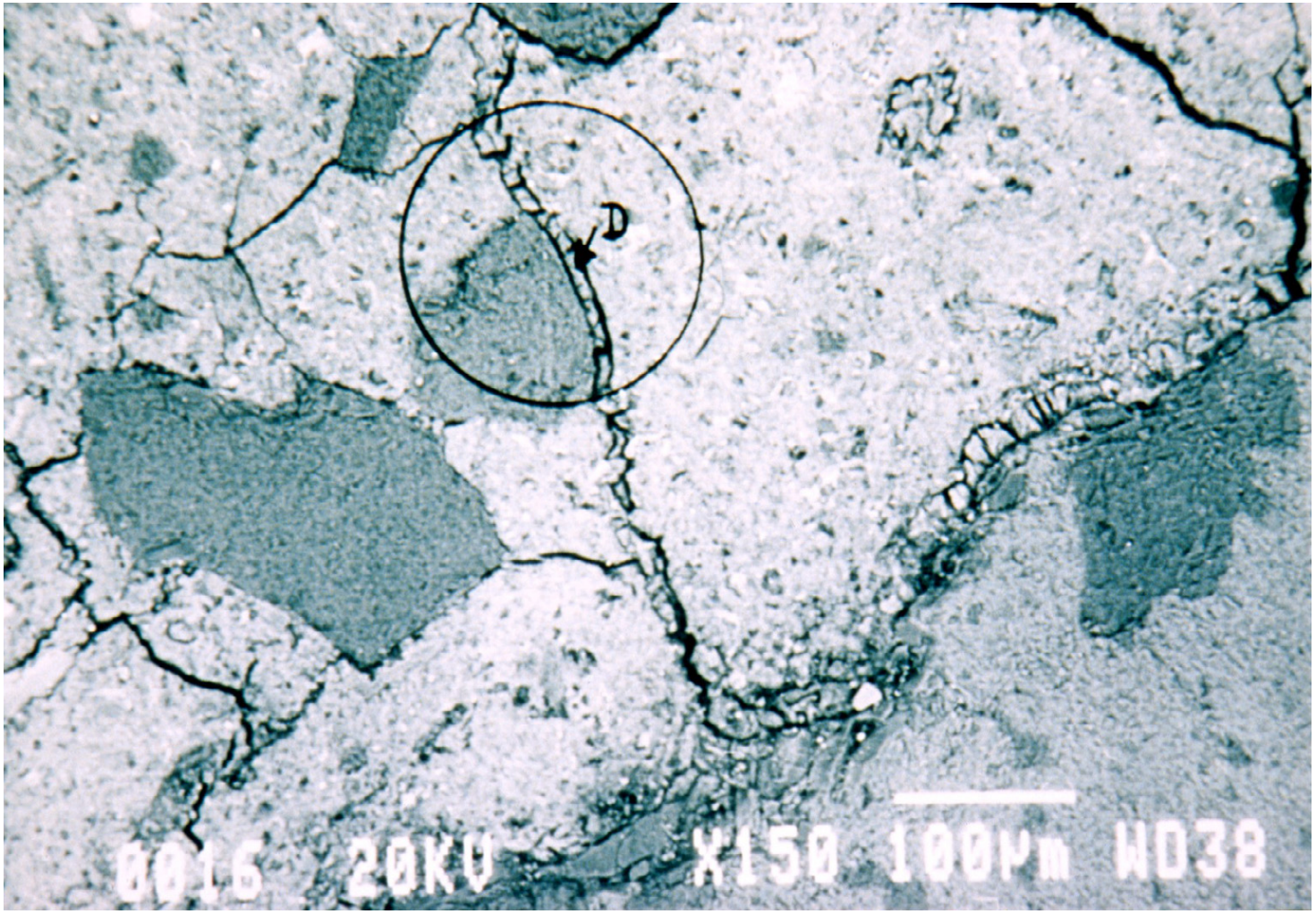
Class F Fly Ash

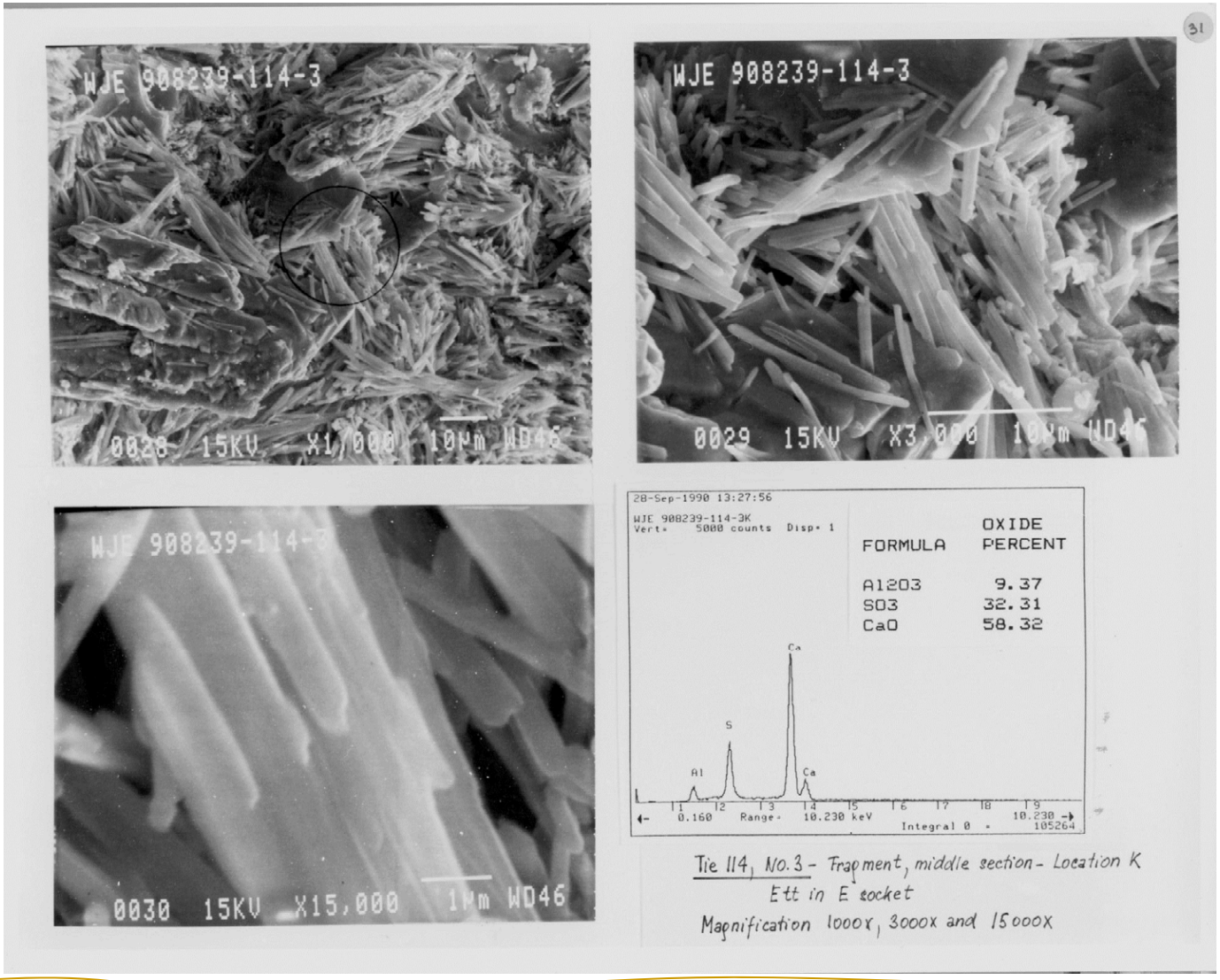
.467 W / (C+FA) RATIO, TYPE I - II CEMENT



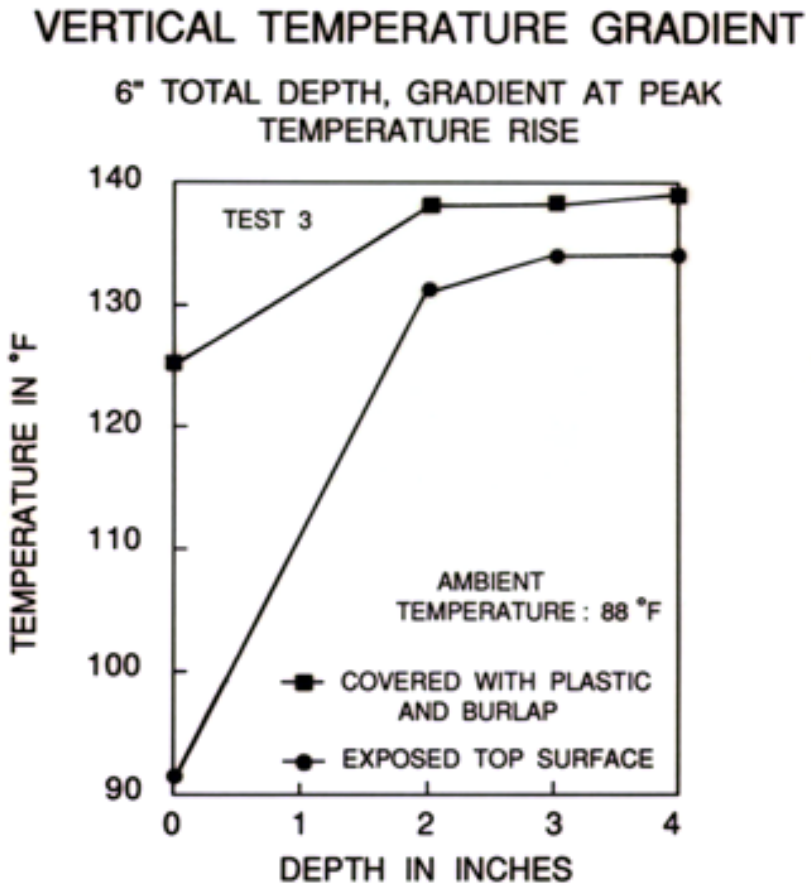
MAY. 5/89 11:15:02 MBTA NB

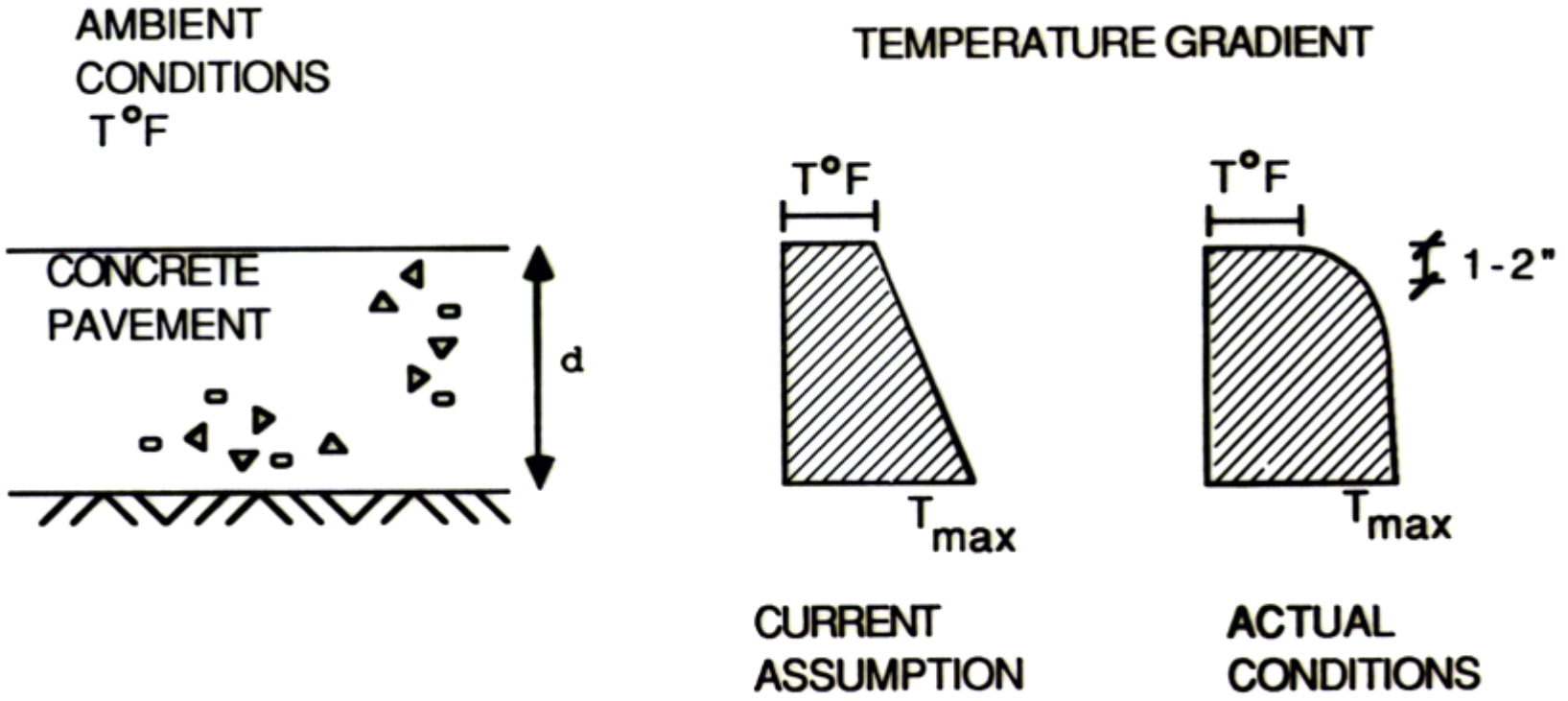



D
0016 20KV X150 100µm WD38


31
WJE 908239-114-3
K
0028 15KV X1,000 10µm WD46
WJE 908239-114-3
0029 15KV X3,000 10µm WD46
WJE 908239-114-3
0030 15KV X15,000 1µm WD46
28-Sep-1990 13:27:56
WJE 908239-114-3K
Vert= 5000 counts Disp= 1
FORMULA
OXIDE PERCENT
Al2O3 9.37
SO3 32.31
CaO 58.32
Ca
S
Al
Ca
0.160 Range= 10.230 keV 10.230
Integral 0 = 105264
Tie 114, No. 3 - Fragment, middle section - Location K
Ett in E socket
Magnification 1000x, 3000x and 15000x

Gradiente en Temperatura < 35 °F


VERTICAL TEMPERATURE GRADIENT
6" TOTAL DEPTH, GRADIENT AT PEAK TEMPERATURE RISE
TEMPERATURE IN °F
140
130
120
110
100
90
TEST 3
AMBIENT TEMPERATURE : 88 °F
COVERED WITH PLASTIC AND BURLAP
EXPOSED TOP SURFACE
0
1
2
3
4
DEPTH IN INCHES


AMBIENT
CONDITIONS
T°F
CONCRETE
PAVEMENT
d
TEMPERATURE GRADIENT
T°F
T max
CURRENT
ASSUMPTION
T°F
1-2"
T max
ACTUAL
CONDITIONS

Reducir el encogimiento del concreto

- Reducir el contenido de la pasta del concreto
- Reducir el contenido de agua del concreto
- Aumentar el contenido de agregado grueso
- Utilizar aditivos reductores de encogimiento
- Proveer curado ~~adecuado~~ humedo del concreto en sitio

Proceso Constructivo

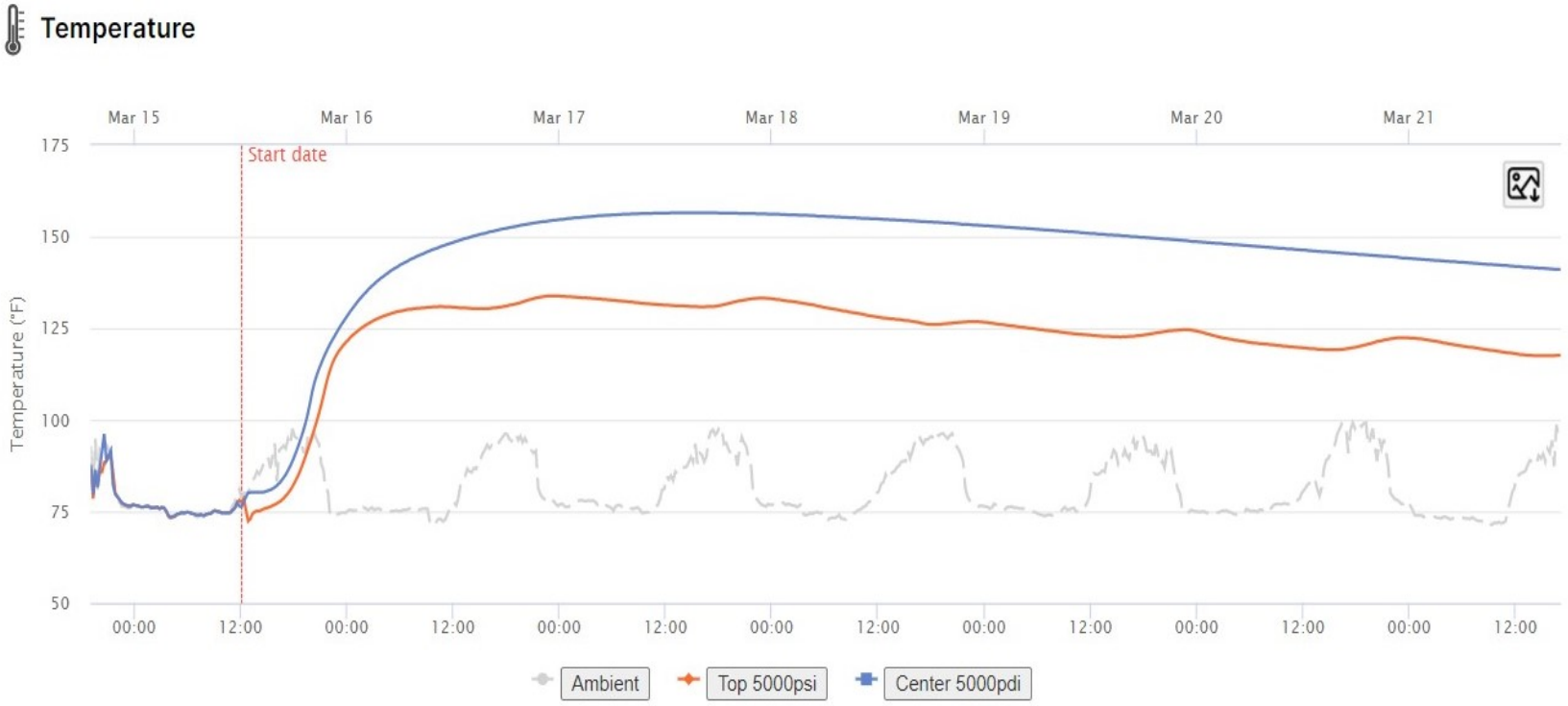
Construcción Masiva

Construcción Masiva

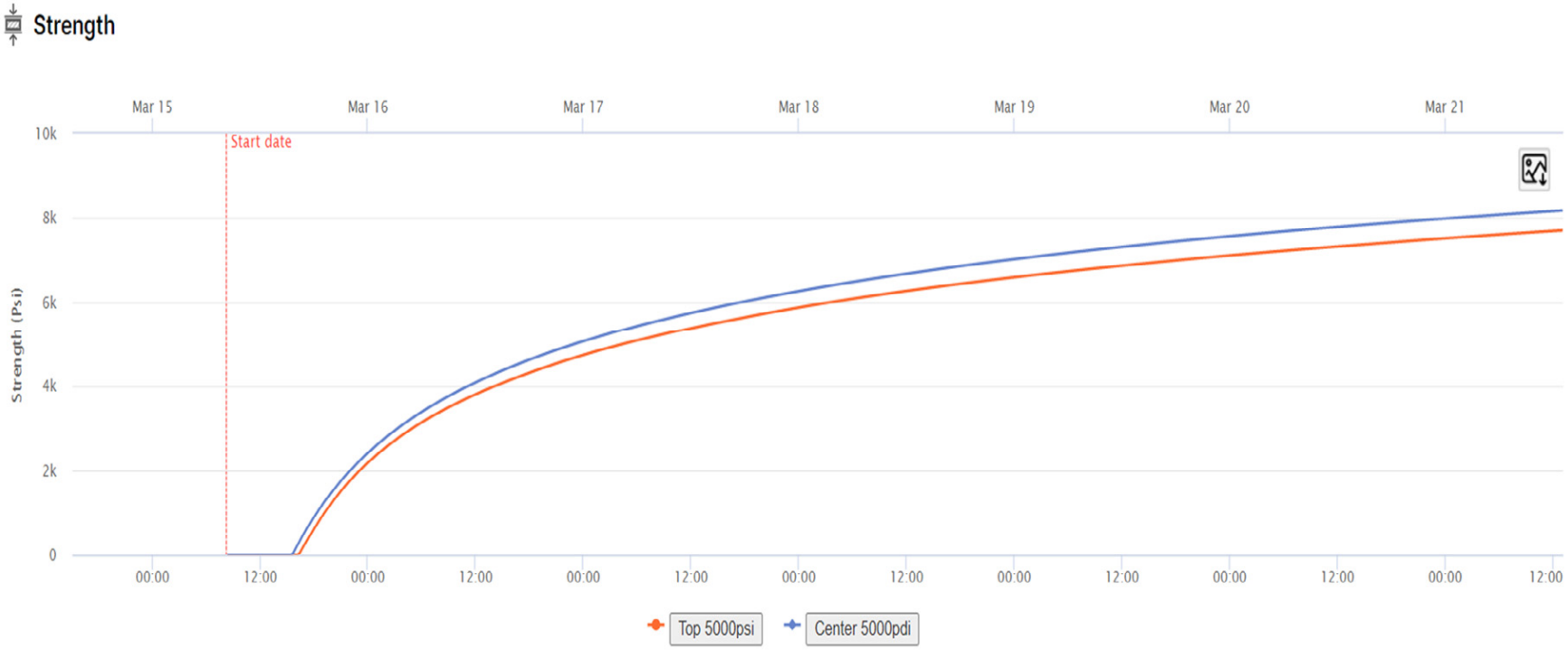
Construcción Masiva

Acelerar la Construcción

Temperatura del concreto en sitio



Resistencia actual del concreto en sitio



Filosofía

1. Reducir la temperatura interna del concreto
    - Concreto Fresco
    - Calor de Hidratación
2. Manejar el Curado y Protección a Temprana Edad
    - Controlar la disipación de calor
    - Controlar el gradiente interno por temperatura
    - Mantener la superficie del concreto húmeda
    - Reducir la retracción por secado
3. Controlar la re-integración al proceso constructivo
    - Resistencia
    - Exposición a las condiciones ambientales

Guías Generales

- Temperatura del concreto fresco
  - Necesaria para evitar que el concreto endurecido exceda 160°F
- Temperatura máxima del concreto en sitio
  - $160°F_{max}$
- Gradiente máximo de la temperatura interna del concreto
  - $35°F_{max}$
- Monitoreo de la temperatura interna del concreto
  - Varios lugares
  - Profundidad: 2 @ 7.5cm., 1 @ 15 cm. & 30 cm., 2 @ media profundidad
- Curado/ Protección durante la temprana edad
  - 7 días
  - Temperatura interna en descenso
  - Gradiente interno ≤ 35°F
  - Gradiente máximo con el ambiente durante 24 horas anteriores ≤ 50°F
  - Temperatura ambiente en ascenso por las próximas 6 horas

INCORRECTO es INCORRECTO

¡Aunque todos lo hagan así!

CORRECTO es CORRECTO

¡Aunque nadie lo haga así!

¡MUCHAS GRACIAS!