



BETON VISELKEDÉSE ÉS TERVEZÉSE TŰZRE

Dr. Majorosné dr. Lublók Éva

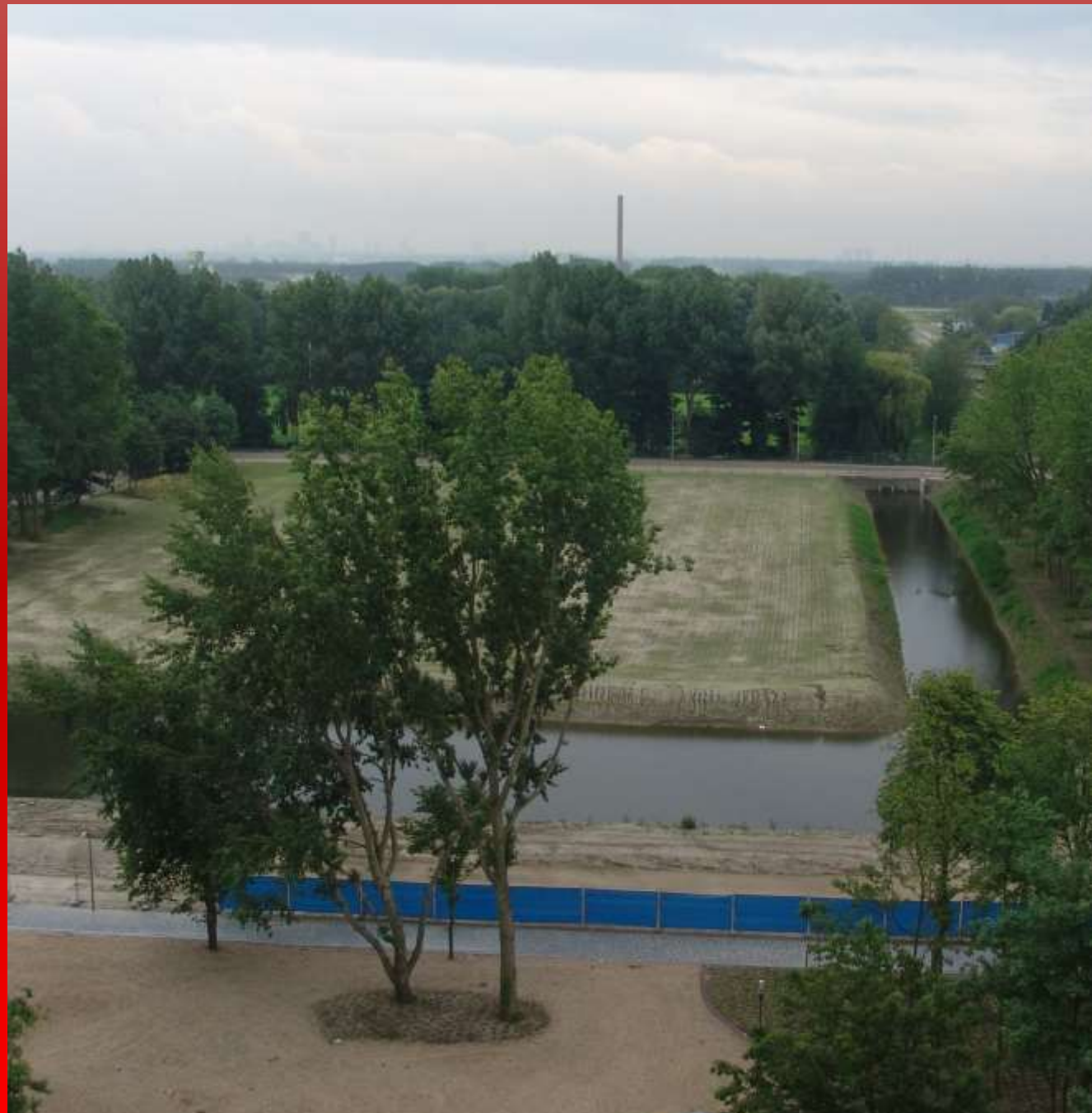
Mezei Sándor tű. hadnagy

Kecskemét, 2015. december 14.

HŐTERHELÉS HATÁSA A SZERKEZETRE

Delft

2009. június 10.

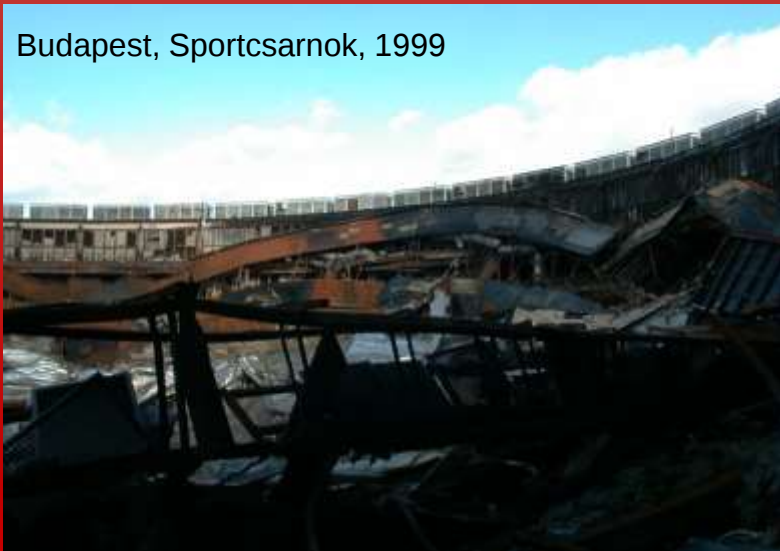


Delft, 2008. május 13.



Az utóbbi évtizedekben számos épület- és alagútkatasztrófa igazolta, hogy a tűzkutatás továbbra is szükséges és aktuális.

Budapest, Sportcsarnok, 1999



World Trade Center, New York, 2001



Debrecen, 2007



Gretzenbach, 2004





Testnevelési Egyetem,
2015. október 15.
<http://www.origo.hu>

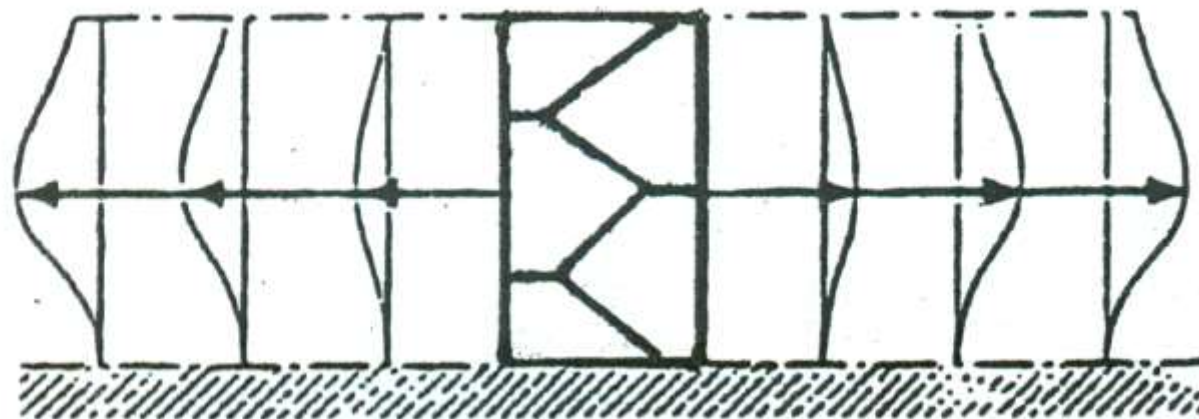
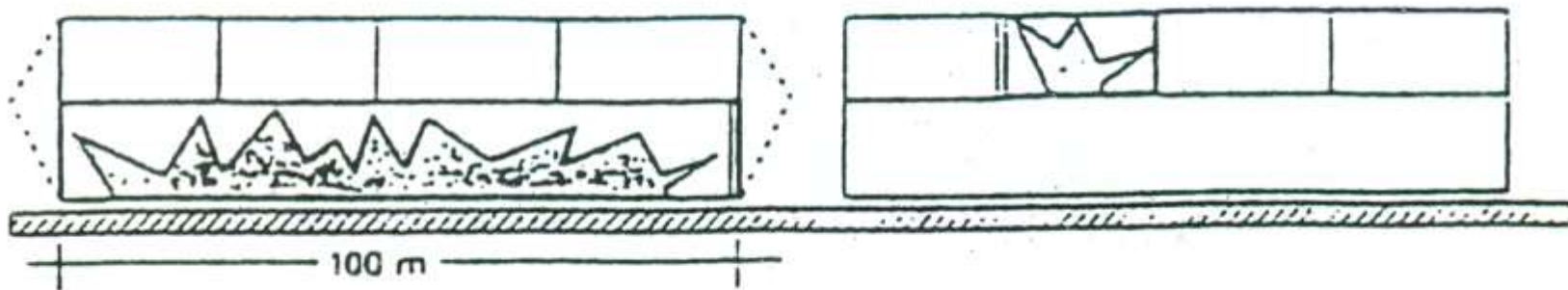


Vasbeton oszlop tűzeset után (1985)



Tűzkárosult feszített vasbetongerenda *fesztáv 18 m, tűzeset 1985)*



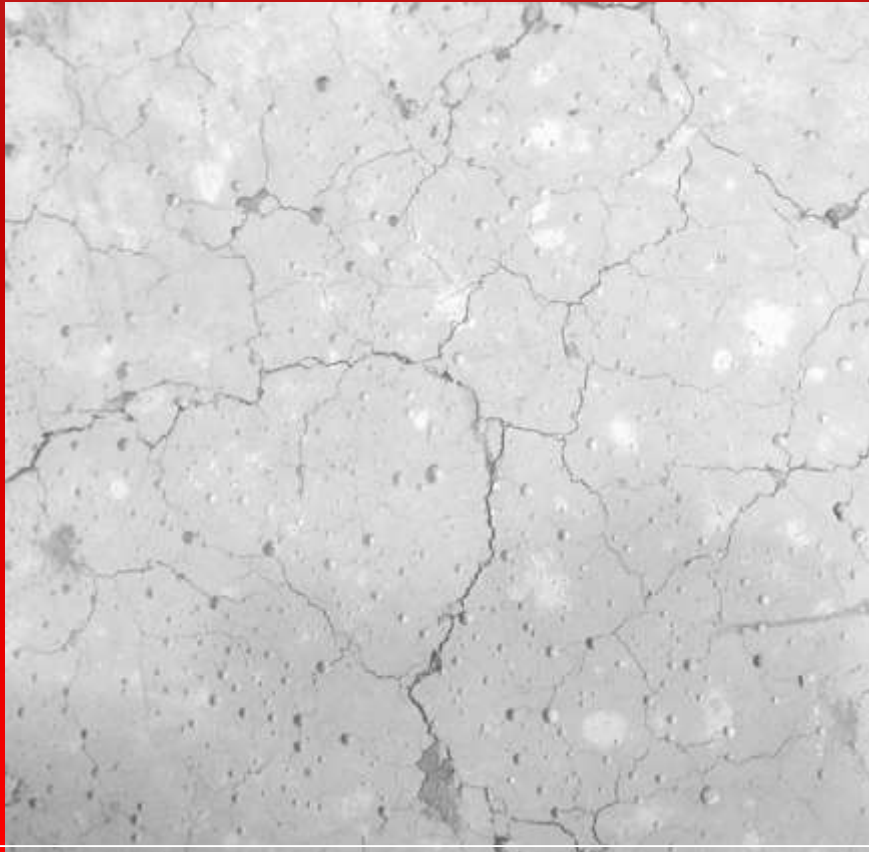


Kordina, 1997

TŰZ HATÁSA A BETONRA

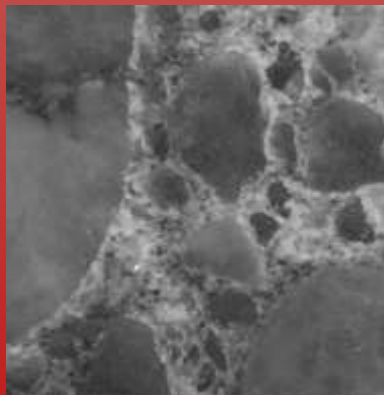
Mi történik a betonnal magas hőmérséklet hatására?

Szerkezeti elem tönkremenetele



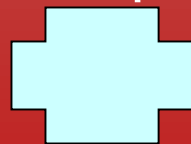
Gotthard alagút, 2001

Szerkezeti anyag károsodása



ÖSSZETEVŐK

- megszilárdult cementpép
- adalékanyag
- szálak

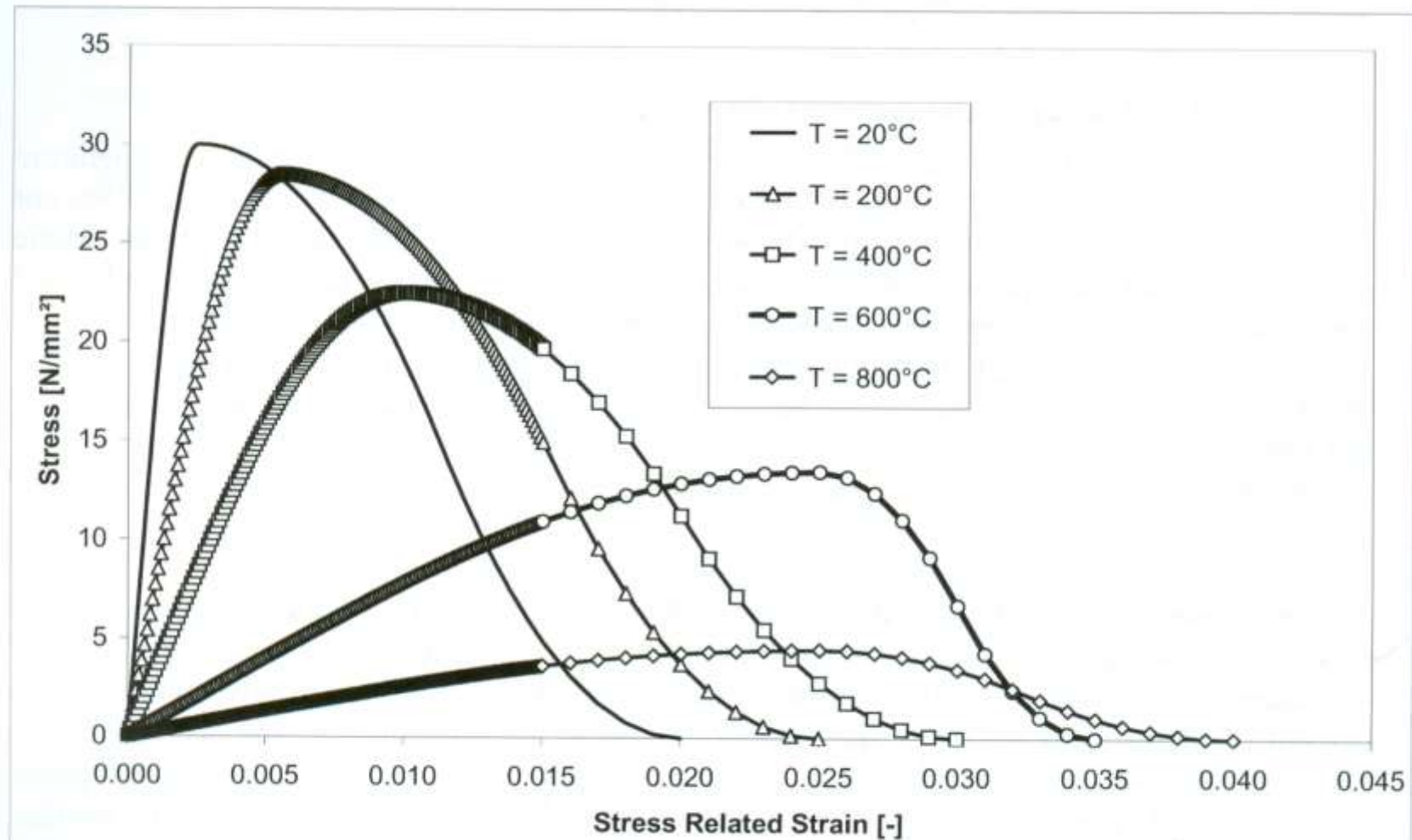


**kémiai és fizikai
változások**



Hőm.	megszilárdult cementpép	adalékanyag	polipropilén szálak
1200°C	olvadás		
1000°C			
800°C	CaCO ₃ bomlása		
700°C	CSH bomlása		
600°C			
500°C	Ca(OH) ₂ bomlása		
400°C			
200°C	a cementkő dehidratációjának kezdete		
100°C	↑ víz távozása		
		kvarc átalakulása	bomlás
			olvadás

A BETON σ - ε DIAGRAMJÁNAK VÁLTOZÁSA A HŐTERHELÉS HATÁSÁRA *(fib bulletin 38, 2007)*



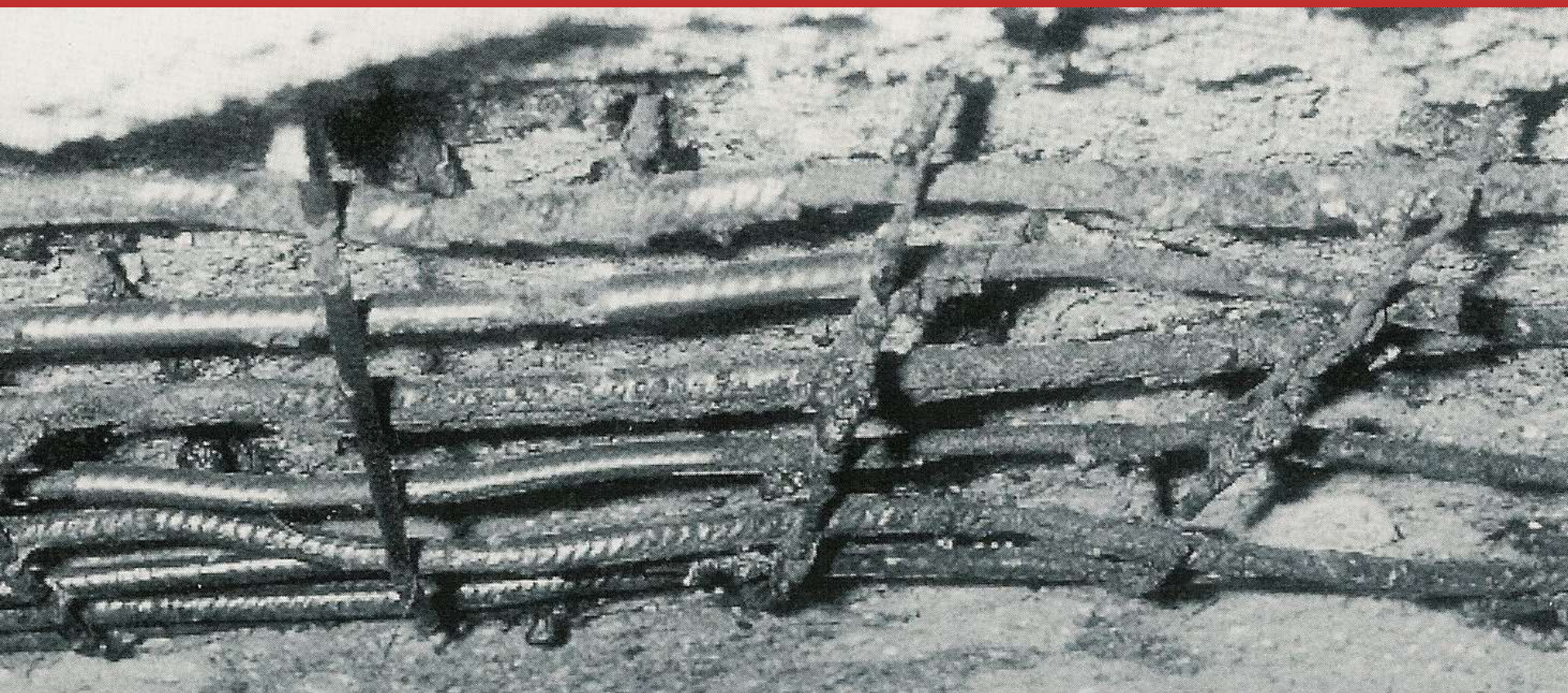
A BETON SZILÁRDSÁG FÜGG

- az adalékanyag típusától
- a víz-cement tényezőtől
- a beton kezdeti nedvességtartalmától
- az adalékanyag-cement tényezőtől
- a cement típusától
- a hőterhelés módjától

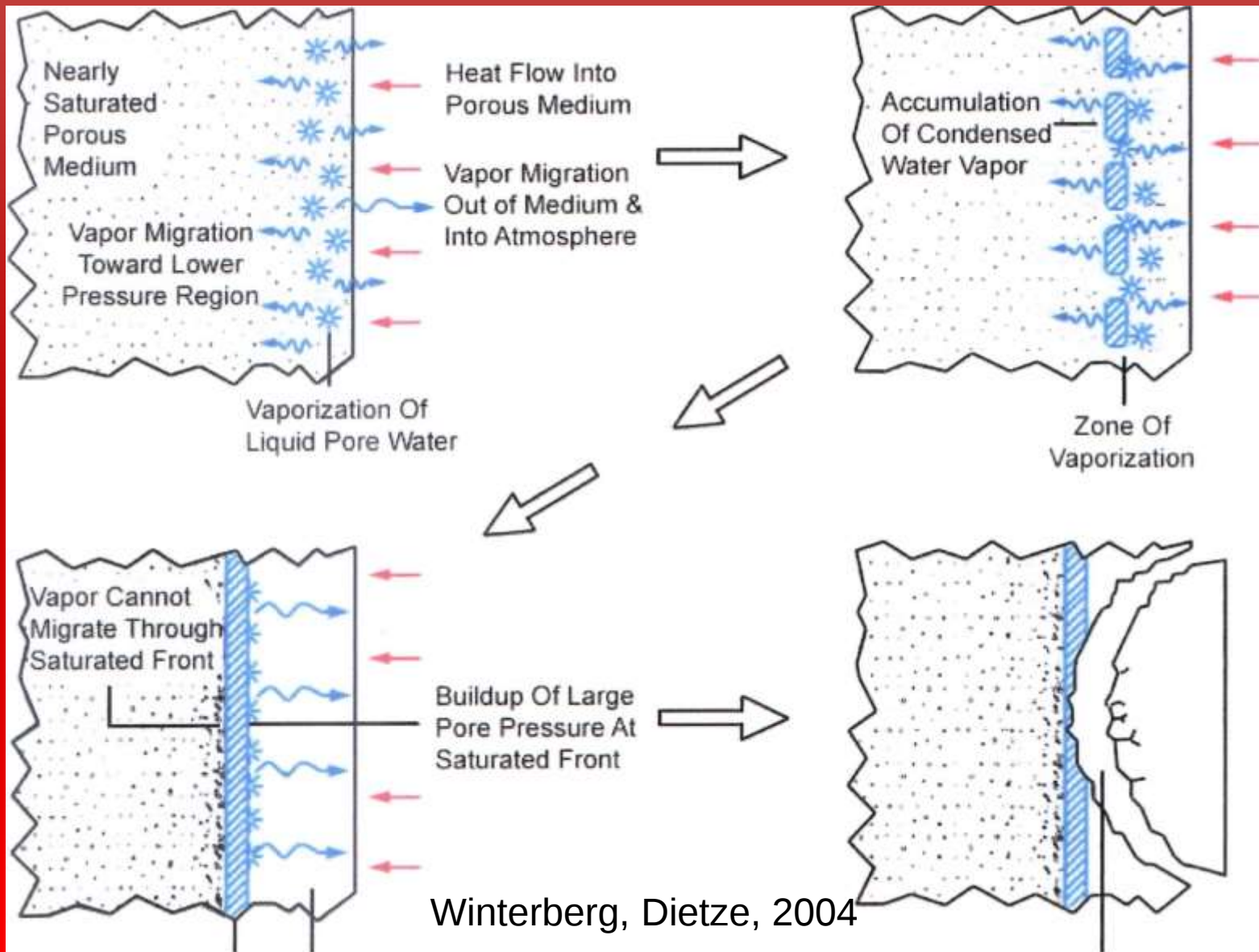
LEHET-E VESZÉLYES A BETON TŰZBEN?

RÉTEGES LEVÁLÁS

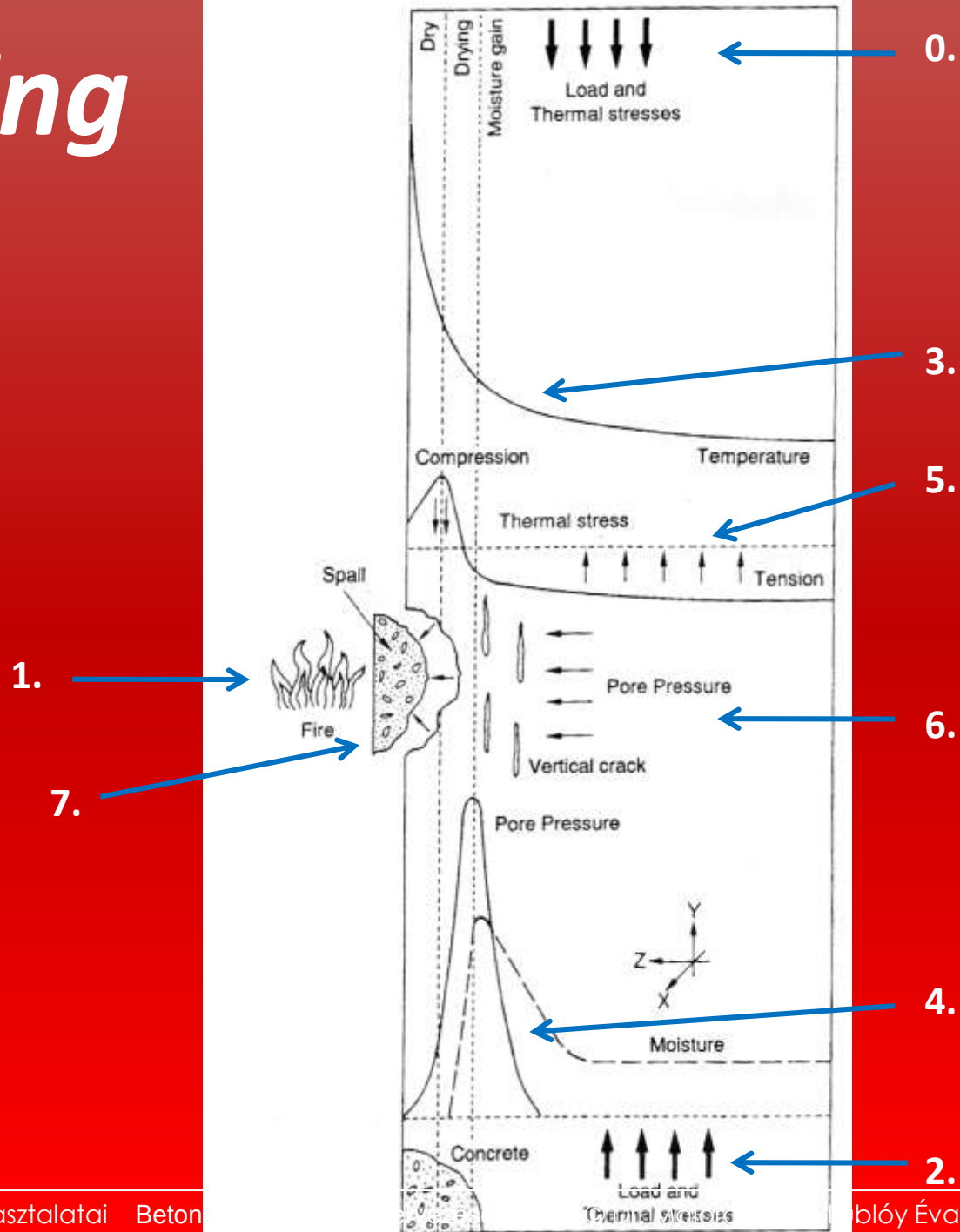
SPALLING



SPALLING



Spalling



Spalling okai

- *pórus-gőznyomás*
- *hőtágulás*
- *előbbiek kombinációja*

Robbanásszerű *spalling* befolyásoló tényezői

1) áteresztő-képesség

tömörebb szerkezet → *veszély nagyobb*

2) beton kora

idősebb beton → kisebb nedvességtartalom →
→ *kisebb kockázat*

3) beton szilárdsága

nagyobb szilárdság → tömörebb szerkezet →
→ *nagyobb kockázat*

4) adalékanyag típusa

kisebb lineáris hőtágulás → *kisebb kockázat*

könnyű ad. a. < bazalt < mészkő < kvarckavics

5) adalékanyag szemnagysága

nagyobb szemnagyság → *nagyobb kockázat*

6) repedések

mikrorepedés → *segít*

makrorepedés → *növeli a kockázatot*

7) vasalás

kedvezőtlen elhelyezés → repedések számát
növeli → *nagyobb kockázat*

8) betonfedés

nagyobb betonfedés → *nagyobb kockázat*

9) kiegészítő vasalás

kiegészítő kéregvasalás (vasháló) →

→ *csökkenti a kockázatot*

10) száladagolás

PP szálak

NC → *kockázatot csökkent*

UHPC → *nem bizonyított a kedvező hatás*

11) Légpórus – tartalom

pórus-gőznyomást csökkent → *kisebb kockázat*





A BETON VÁLASZA A HŐMÉRSÉKLET EMELKEDÉSÉRE

- **anyagszerkezeti változások**
- a cement és az adalékanyag eltérő hőtágulása
- belső víz-gőznyomás
- a keresztmetszeten belüli, illetve az elem menti eltérő hőmérsékletek
- **túlzott lehajlás** (beleértve a hő hatására bekövetkező kúszás és fajlagos alakváltozás okozta növekményt)
- **túlzott repedezettség**
- a beton és a betonacél közötti **tapadás** és lehorgonyzó képesség leromlása
- betonfedés **réteges leválása**
- **teherbírás vesztes** (beleértve stabilitás vesztes és átszúródás)

A TŰZTEHERRE VALÓ BETONTERVEZÉS

1. Cement:

- Mészköliszt kiegészítő tartalmú cementek alkalmazása nem javasolt
- kohósalak kiegészítő tartalmú cementek kedvezőek

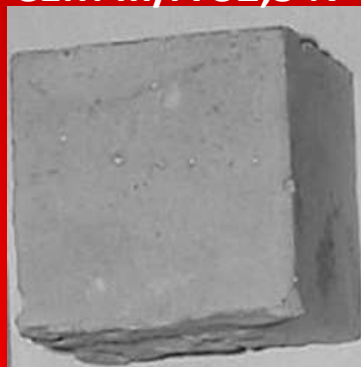
CEM I 52,5N



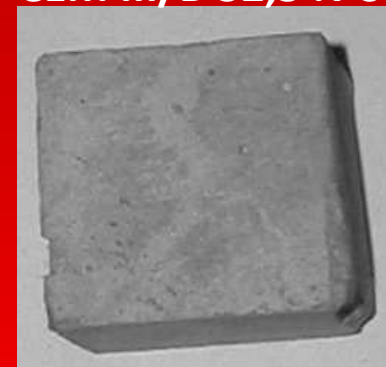
CEM II/A-S 42,5 N



CEM III/A 32,5 N



CEM III/B 32,5 N-S



Kohósalak tartalom:

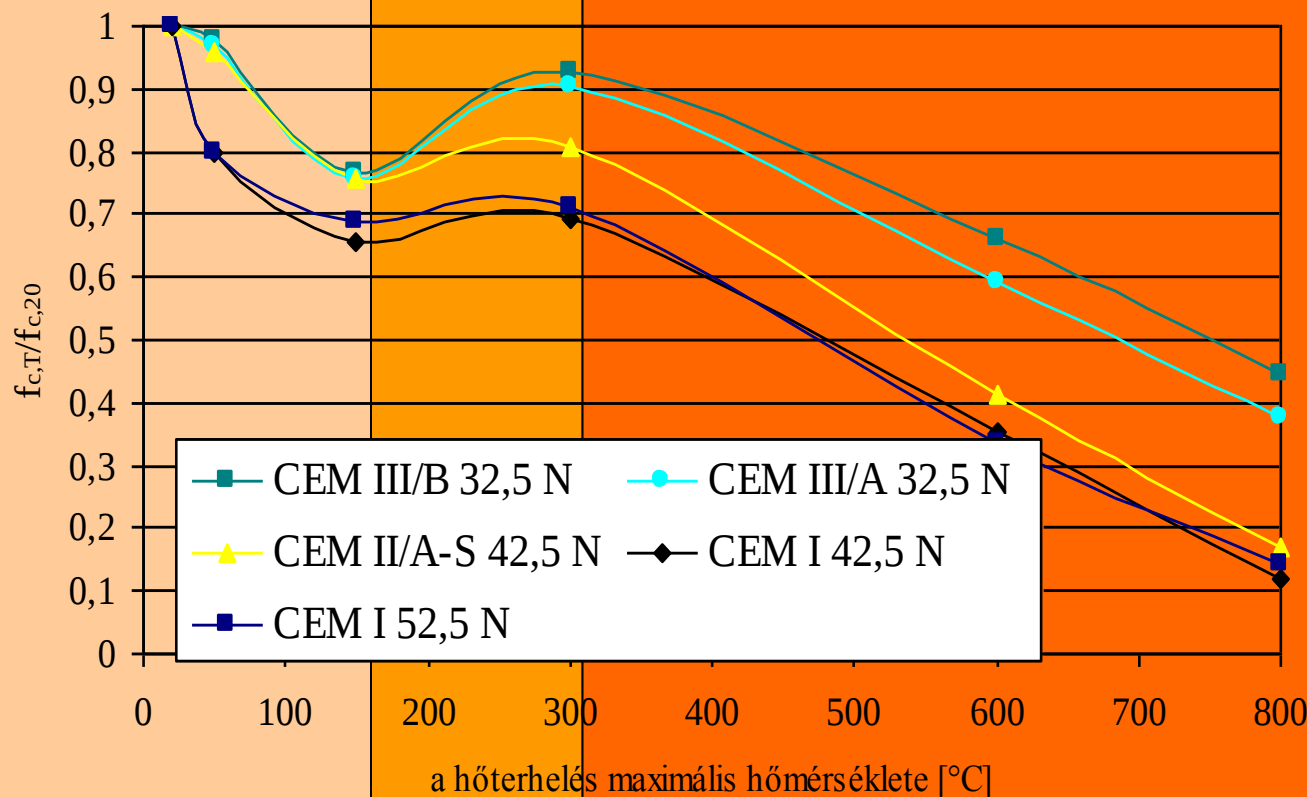
0%

16%

46%

66%

Magas hőmérséklet hatására a megszilárdult cementpép maradó relatív nyomószilárdság alakulása a cement típus függvényében



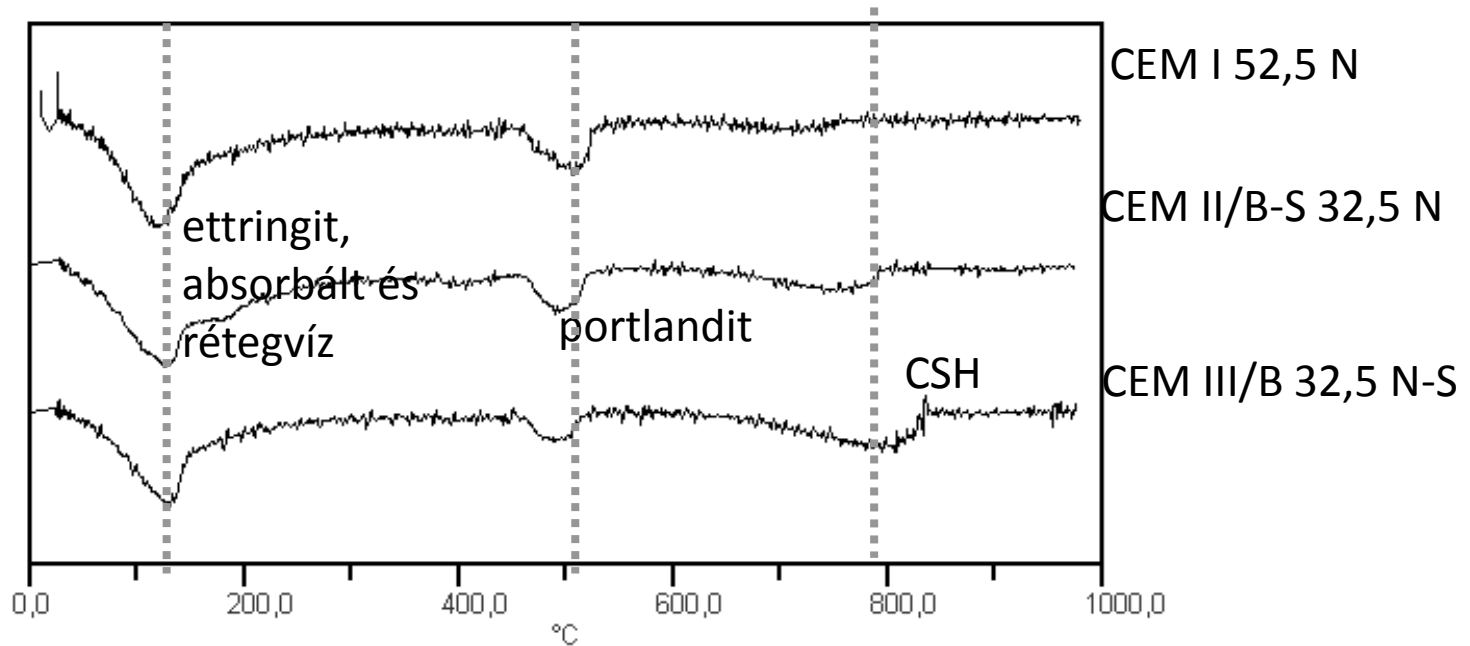
Hőterhelés és
törés időpontja:
28 nap

Törési
hőmérséklet:
20°C

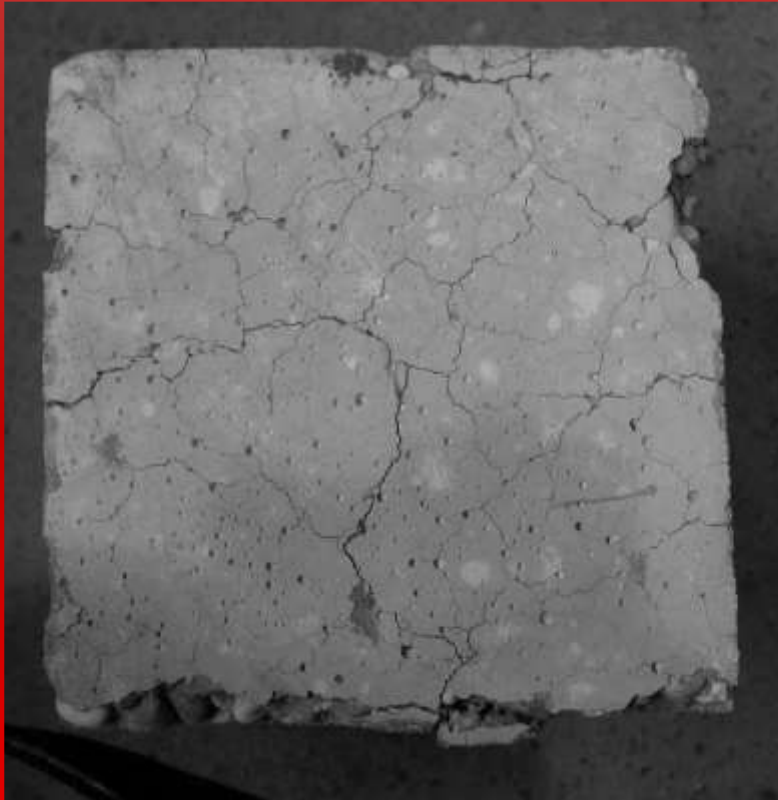
Pontok:
3-3 mérési
eredmény
átlaga

A DERIVATOGRÁFOS VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

DTG (dm/dt, mg/°C)



Magas hőmérséklet hatására *kvarckavics adalékanyagú* betonok felületén megjelenő repedések száma és mérete a cement típus függvényében



CEM I 42,5 N cementtel készült beton repedésképe a 800°C-os hőterhelést követően



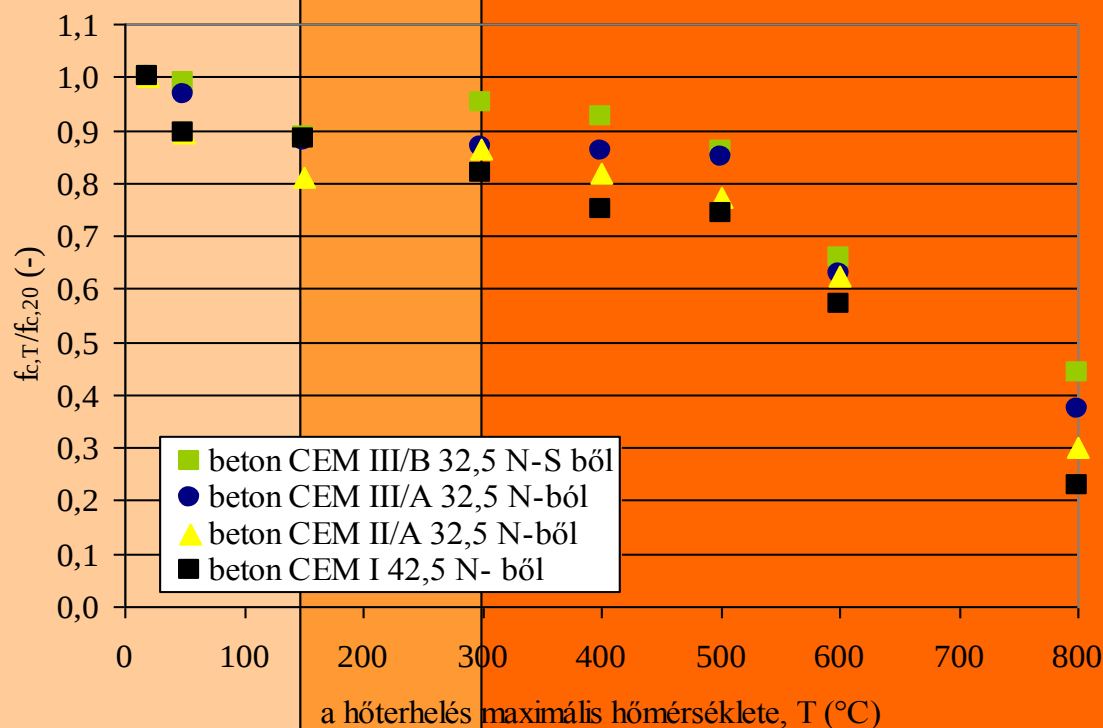
CEM III/A-S 32,5 N cementtel készült beton repedésképe a 800°C-os hőterhelést követően

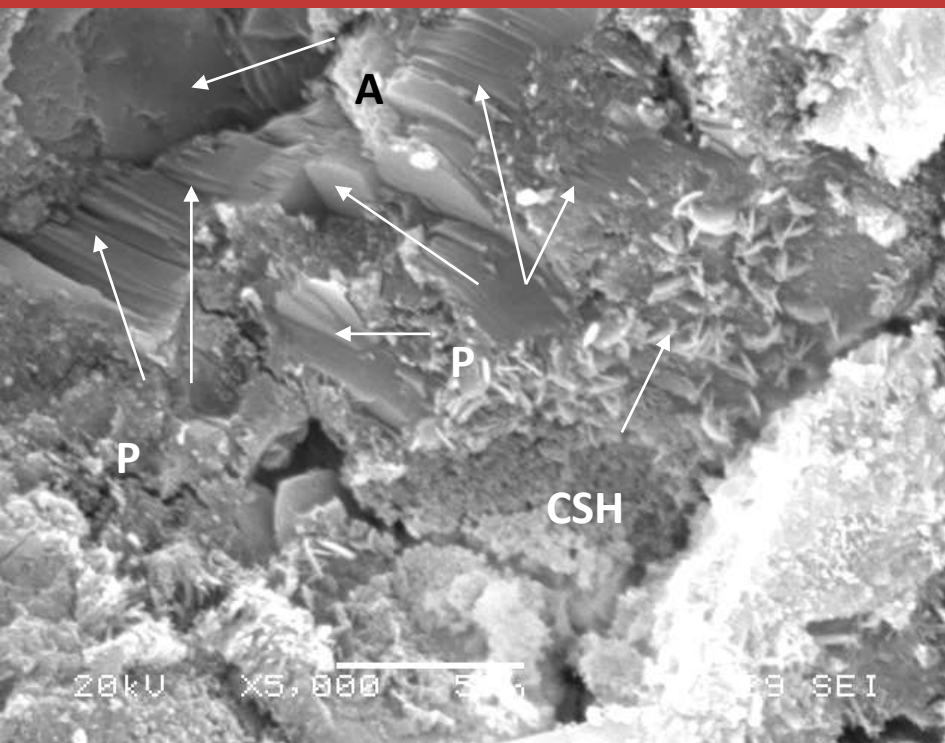
Magas hőmérséklet hatására kvarckavics adalékanyagú betonok maradó, relatív nyomó- szilárdsága, a cement típus függvényében

Hőterhelés és
törési időpontja:
28 nap

Törési
hőmérséklet:
20°C

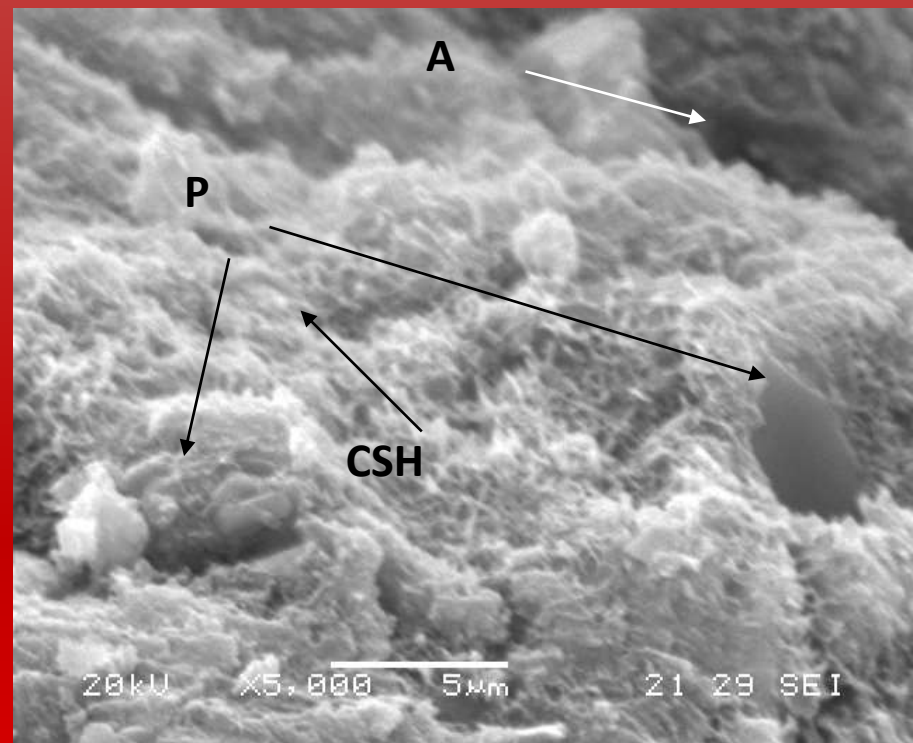
Pontok:
3-3 mérési
eredmény
átlaga





A adalékanyag, P portlandit, CSH kalcium-szilikát-hidrát

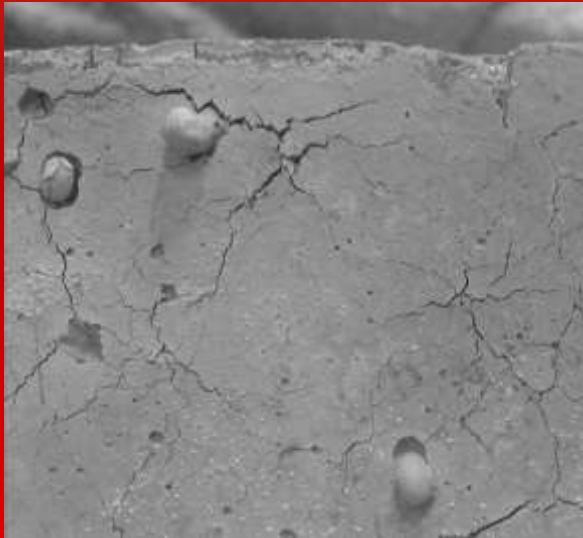
CEM I 52,5 N-ből készült beton
elektronmikroszkópos felvétele



CEM III/B 32,5 N-S-ből készült
beton elektronmikroszkópos
felvétele

2. Adalékanyag:

- Mészkeő adalékanyag alkalmazása nem javasolt
- Duzzasztott habüveg adalékanyagú beton nem javasolt
- Duzzasztott agyagkavics csak kizárólag PP szálakkal együtt javasolt



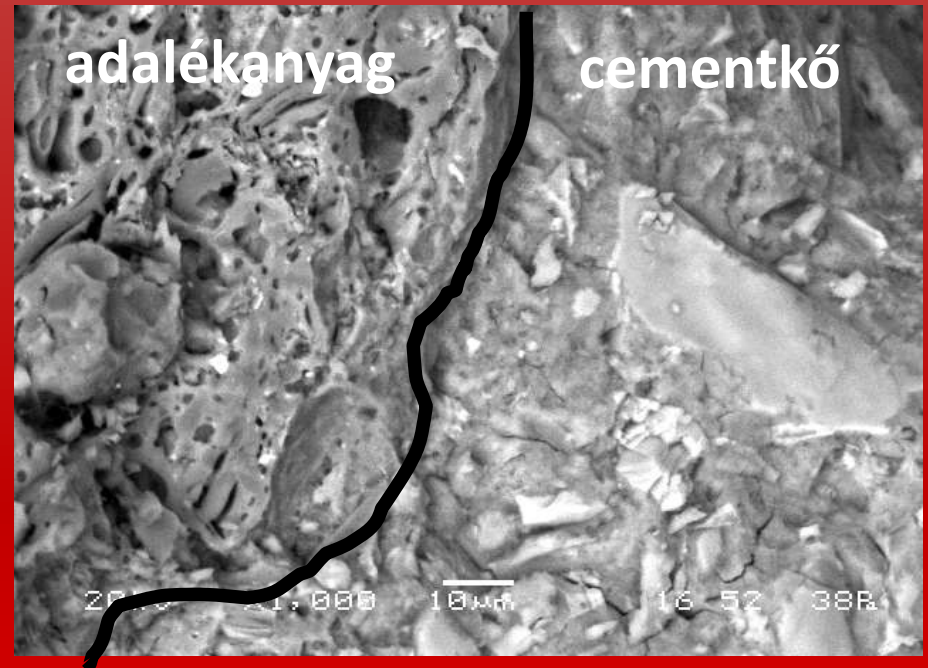
Habüveg1 adalékanyag
beton 2 órán át tartó
800°C-os hőterhelést
követően



Habüveg2 adalékanyag
beton 2 órán át tartó 800°C-
os hőterhelést követően



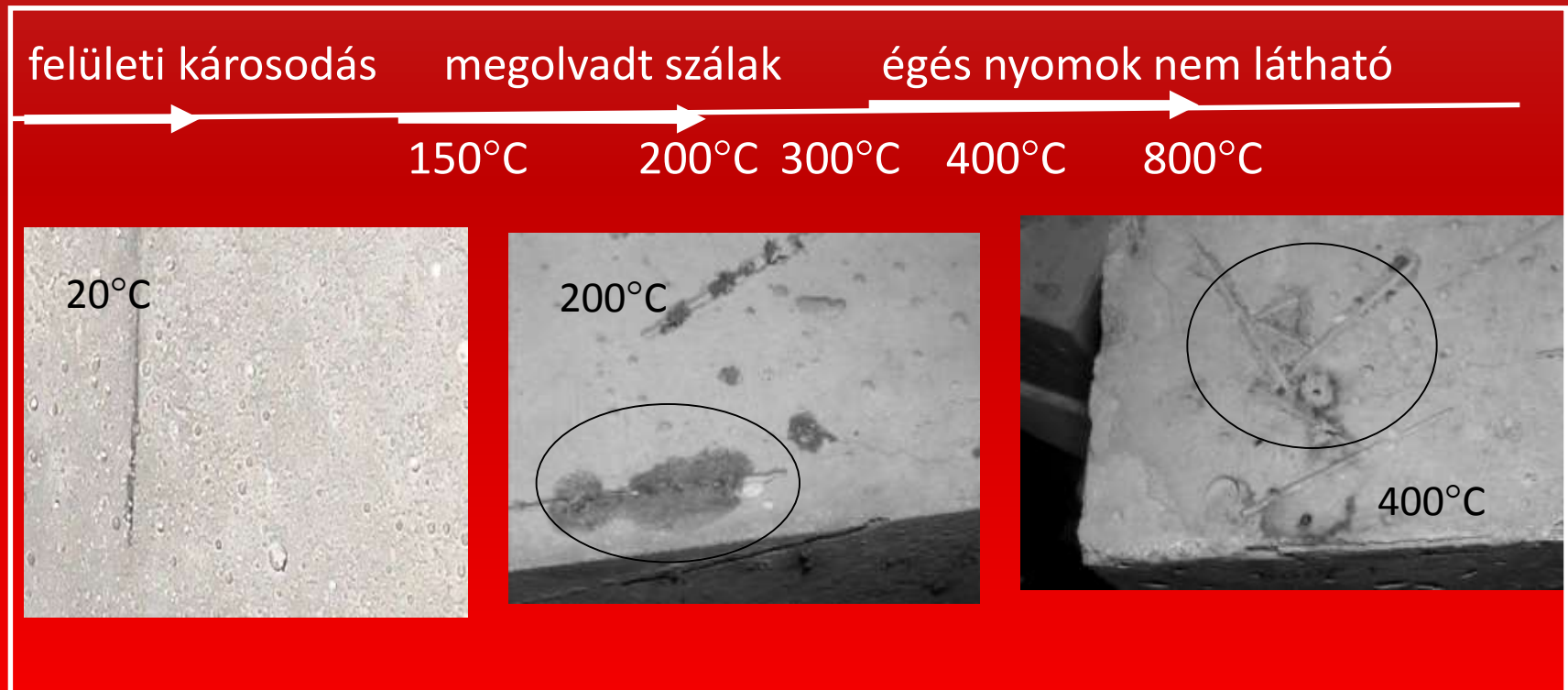
**Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú
beton optikai mikroszkópos felvétele**



**Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú
beton elektronmikroszkópos felvétele**

3. Szálak:

- Műanyag szálak alkalmazása javasolt nagy szilárdságú, illetve kis porozitású beton esetén
- Műanyag szálak alkalmazása esetén ügyelni kell a megfelelő szálgeometriára



Hosszú, nagy átmérőjű műanyag szálakkal

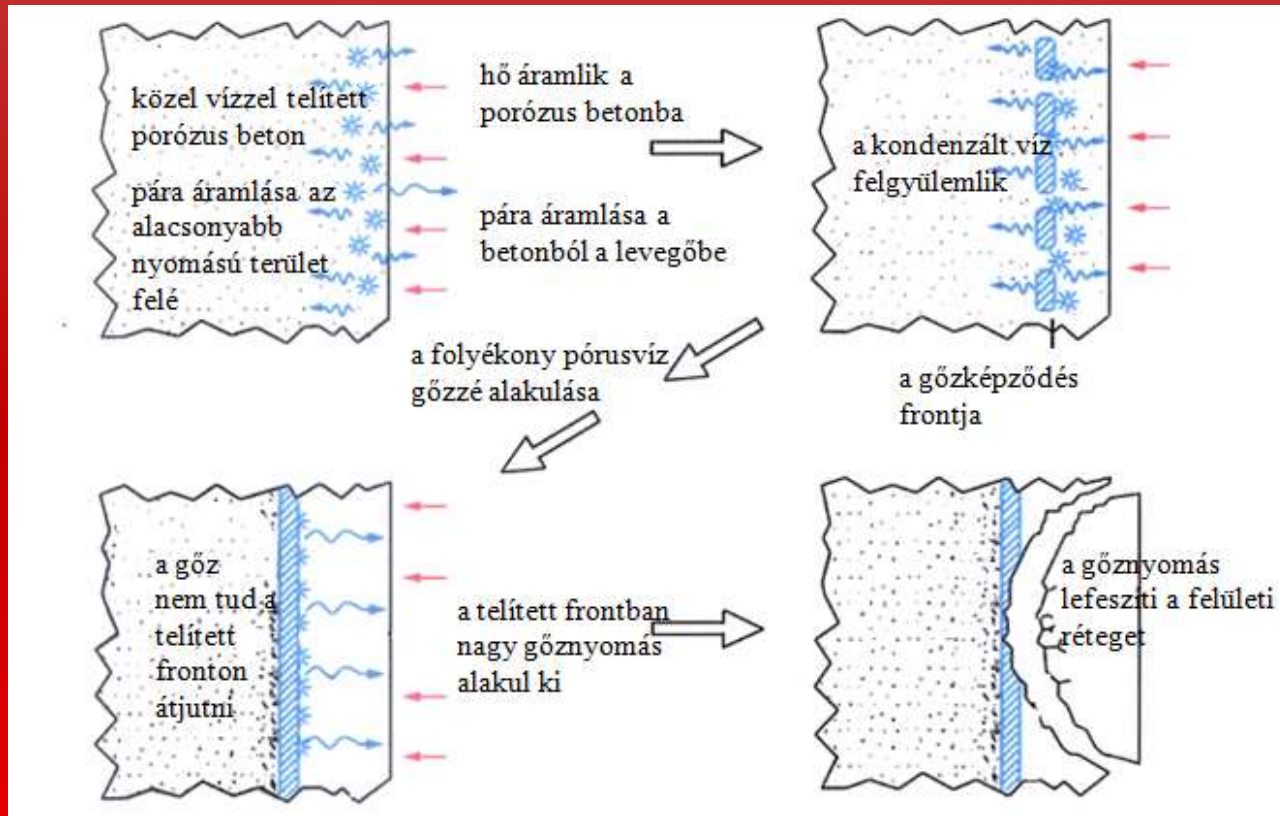
VASBETON-SZERKEZETEK TŰZESETI VISELKEDÉSE



VASBETON SZERKEZETEK TŰZESETI VISELKEDÉSE



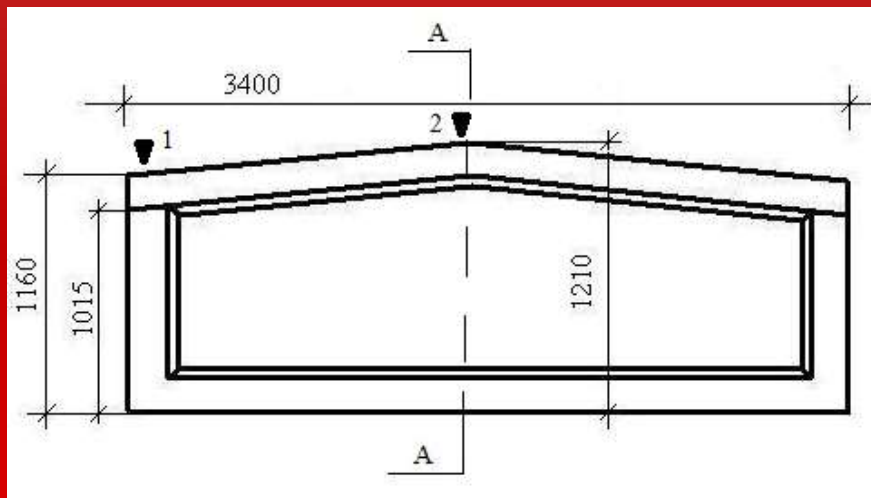
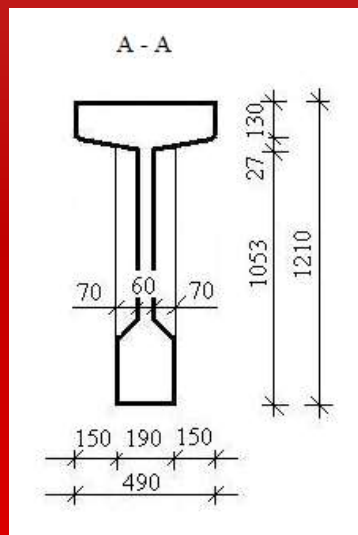
SPALLING



A betonfelületek réteges leválásának két fő oka lehet:

- (1)** a betonból távozó vízgőz lefeszíti a felületi rétegeket;
- (2)** a terhelt zóna már nem tudja a hőtágulásból származó újabb erőket felvenni és leválik.

VÉKONY GERINCŰ VASBETON TARTÓ – DEFINÍCIÓ

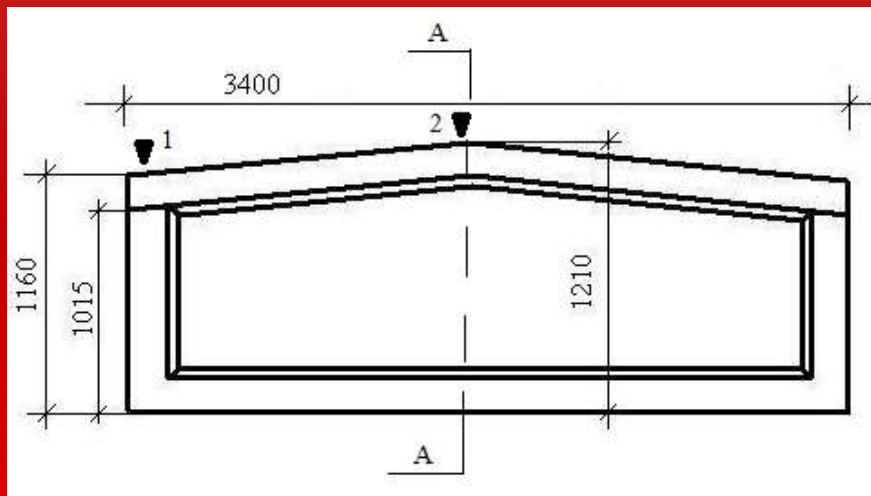
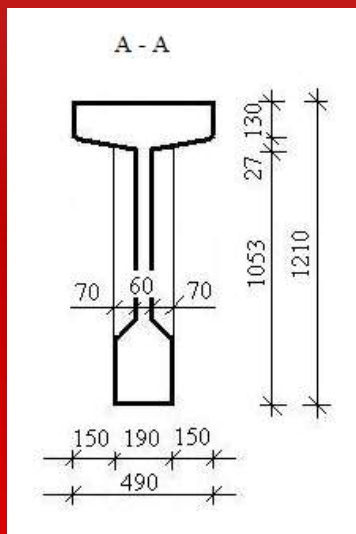
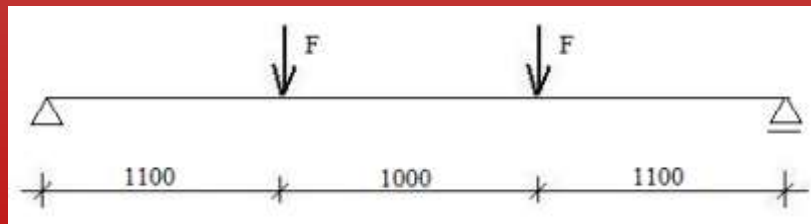


A vékony gerincű vasbeton tartók nagy fesztávolságok áthidalására alkalmasak. Ezek általában I vagy T keresztmetszettel készülnek, amelyek sok esetben vékony gerinccel rendelkeznek, és nagyszilárdságú betonból készülnek.

Vizsgálati szabvány:

EN 1363-1: 1999: "Fire resistance tests – Part 1: General requirements"

VÉKONY GERINCŰ VASBETON TARTÓ – DEFINÍCIÓ



A vékony gerincű vasbeton tartók nagy fesztávolságok áthidalására alkalmasak. Ezek általában I vagy T keresztmetszettel készülnek, amelyek sok esetben vékony gerinccel rendelkeznek, és nagyszilárdságú betonból készülnek.

Vizsgálati szabvány:

EN 1363-1: 1999: "Fire resistance tests – Part 1: General requirements"

VIZSGÁLATI MINTA



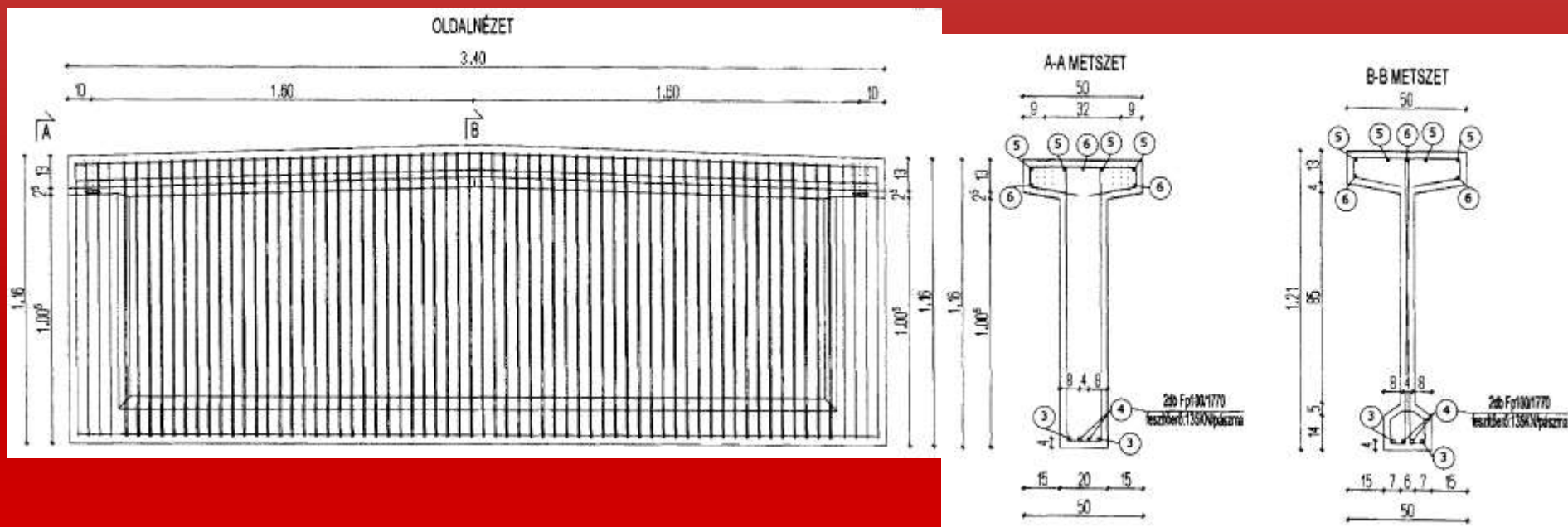
BETON-STAR
T1
0806

VIZSGÁLATI MINTA



BETON-STAR
T1
0805

VIZSGÁLATI MINTA



A feszítőpáncsmákra kifejtett kezdeti feszítőerő: 130 kN

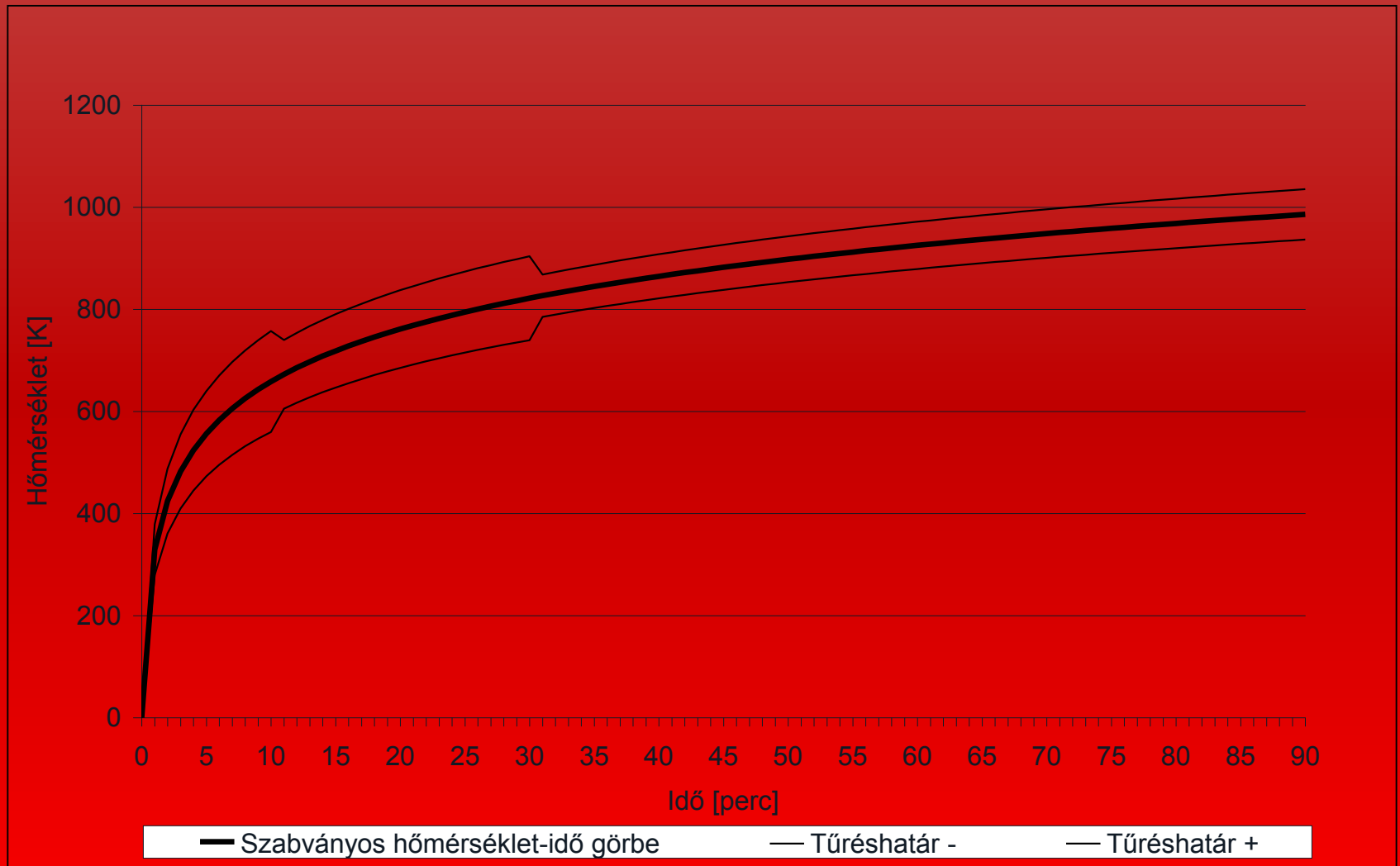
Beton jele: C40/50-XC2-16-F4

Betonacél jele: B60.50 (S500B)

Feszítőpáncsma jele: FP-100/1770-R2 (MSZ EN 10138)

Szabványos tűz hőmérsékleti görbéje

$$T - T_0 = 345 \times \lg (8 t + 1) \text{ [K]}$$



1. VIZSGÁLAT

Gerenda sorszáma	Kiegészítőanyag típusa	PP száladagolás [kg/m ³]	Terhelés, [kN]	Tönkremenetel időpontja [perc]
1.	mészkeőliszt	0	2 × 350	12
1+.	mészkeőliszt	0	0	12
2.	mészkeőliszt	2	2 × 350	44
3.	kohósalak	1	2 × 288	71

1. VIZSGÁLAT



1. VIZSGÁLAT



1. VIZSGÁLAT



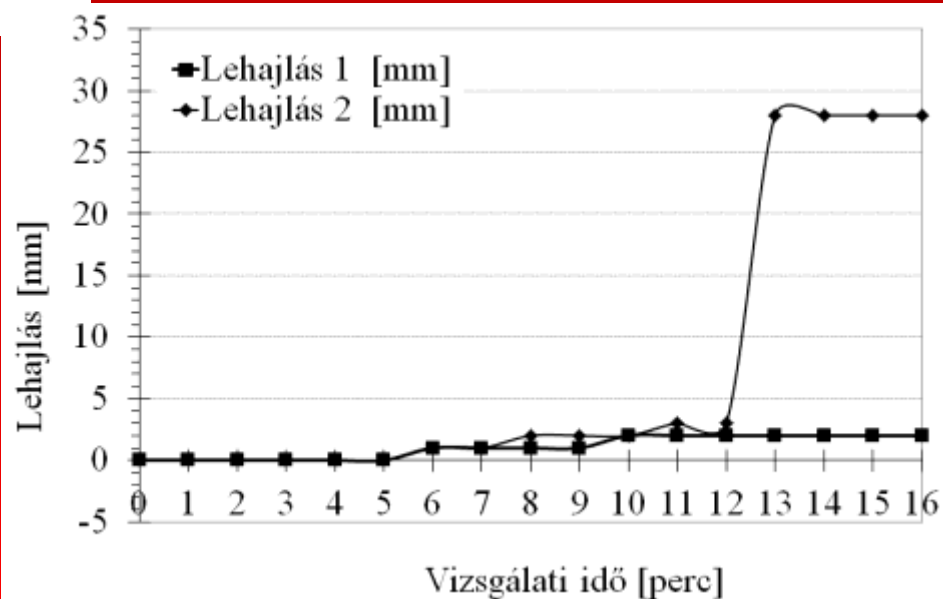
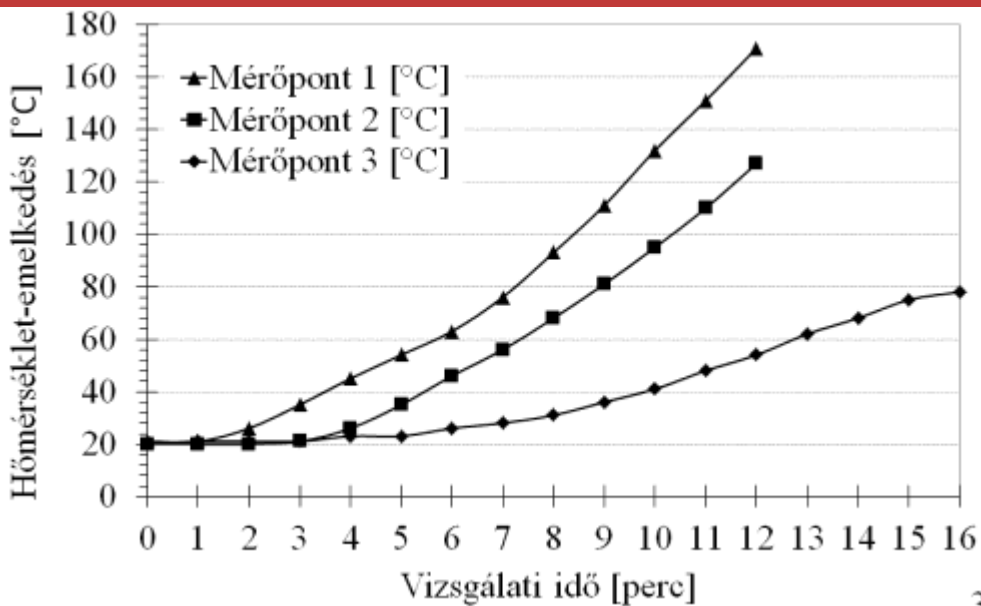
1. VIZSGÁLAT



1. VIZSGÁLAT



1. VIZSGÁLAT



1+. VIZSGÁLAT

Gerenda sorszáma	Kiegészítőanyag típusa	PP száladagolás [kg/m ³]	Terhelés, [kN]	Tönkremenetel időpontja [perc]
1.	mészkeőliszt	0	2 × 350	12
1+.	mészkeőliszt	0	0	12
2.	mészkeőliszt	2	2 × 350	44
3.	kohósalak	1	2 × 288	71

1+. VIZSGÁLAT



1+. VIZSGÁLAT



1+. VIZSGÁLAT



2. VIZSGÁLAT

Gerenda sorszáma	Kiegészítőanyag típusa	PP száladagolás [kg/m ³]	Terhelés, [kN]	Tönkremenetel időpontja [perc]
1.	mészkőliszt	0	2 × 350	12
1+.	mészkőliszt	0	0	12
2.	mészkőliszt	2	2 × 350	44
3.	kohósalak	1	2 × 288	71

2. VIZSGÁLAT



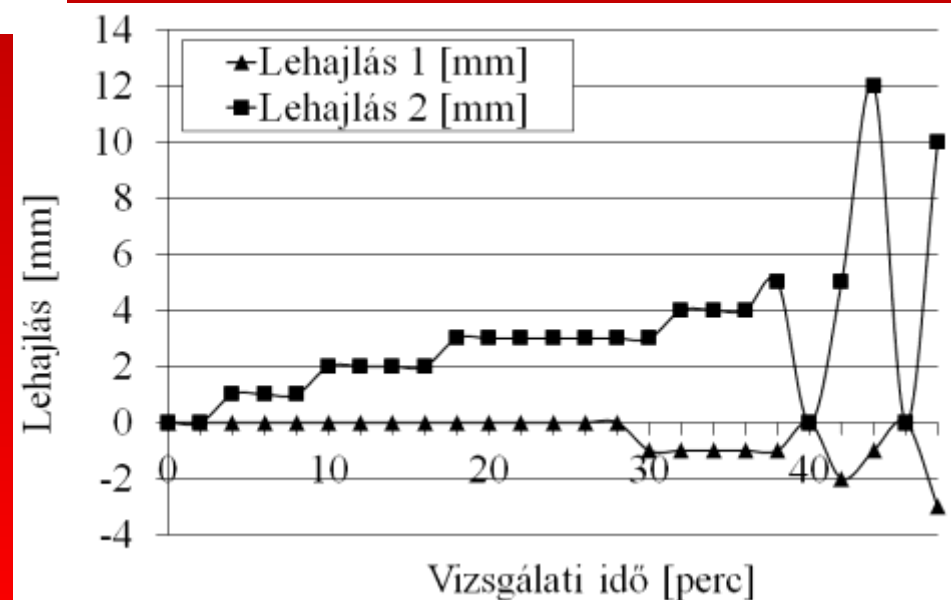
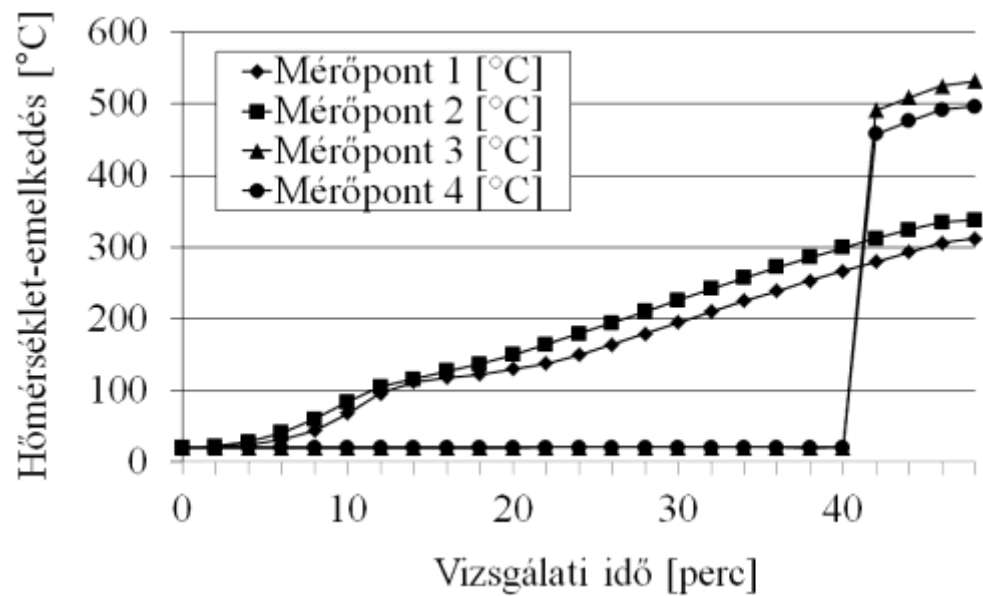
2. VIZSGÁLAT



2. VIZSGÁLAT



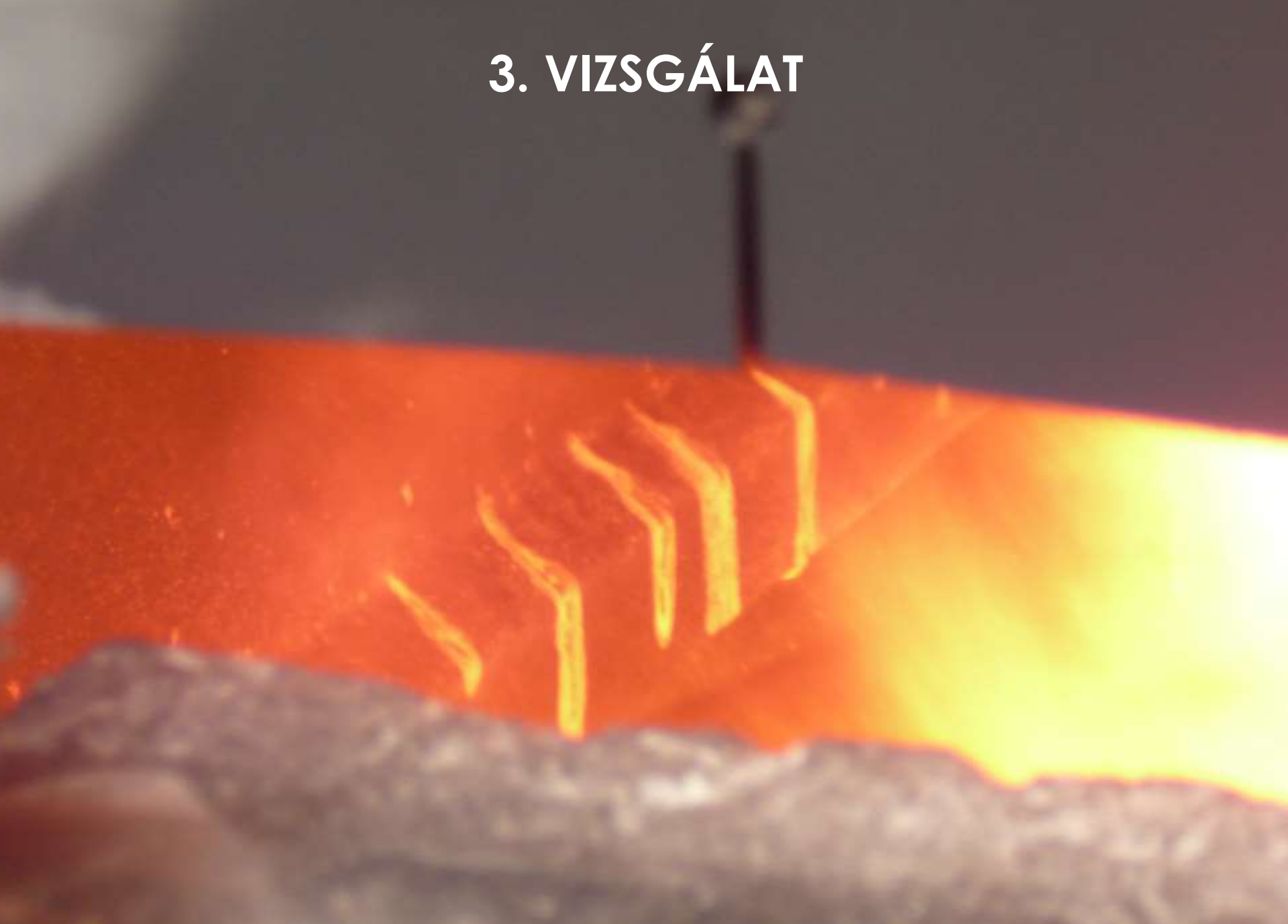
2. VIZSGÁLAT



3. VIZSGÁLAT

Gerenda sorszáma	Kiegészítőanyag típusa	PP száladagolás [kg/m ³]	Terhelés, [kN]	Tönkremenetel időpontja [perc]
1.	mészkeőliszt	0	2 × 350	12
1+.	mészkeőliszt	0	0	12
2.	mészkeőliszt	2	2 × 350	44
3.	kohósalak	1	2 × 288	71

3. VIZSGÁLAT



3. VIZSGÁLAT



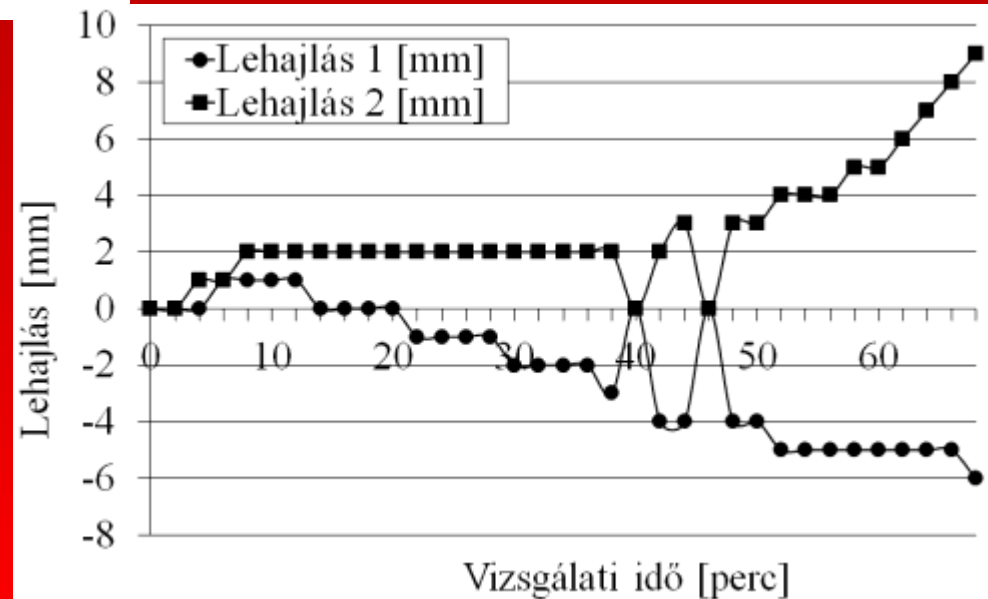
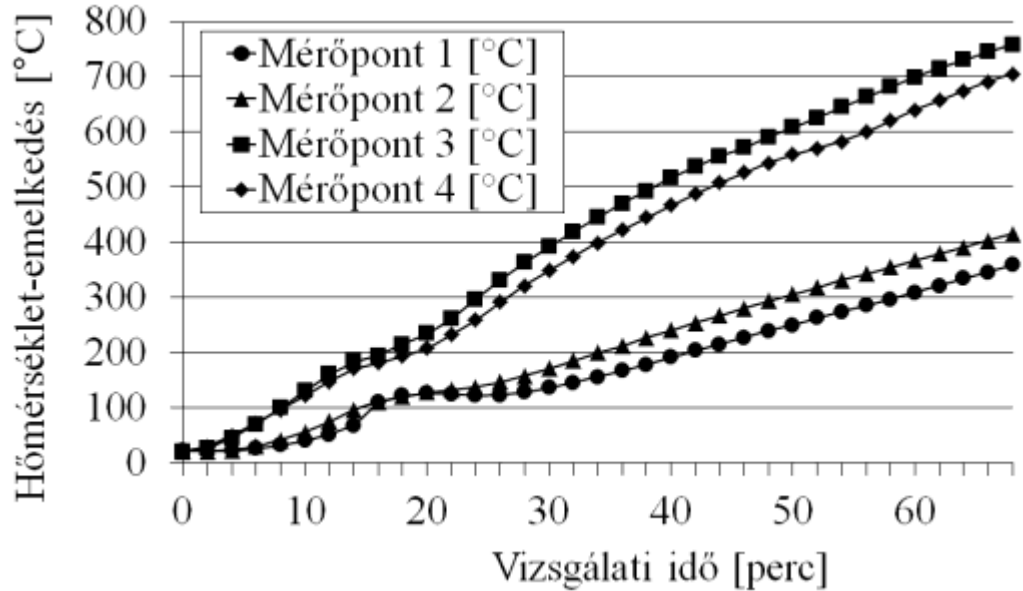
3. VIZSGÁLAT



3. VIZSGÁLAT



3. VIZSGÁLAT



ÖSSZEFOGLALÁS

A gerendakísérlet eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a gerinc betonfedésének leválása a betonösszetételre, valamint a nedvességtartalomra és nem a terhelés mértékére volt visszavezethető.

A mészkőliszt kiegészítőanyaggal és 2 kg/m^3 száltartalommal készült betongerendák tönkremenetele 44 perc után következett be.

A tűzállóság jelentős növekedését azonban csak a mészkő adalékanyag kohósalak adagolásra való cseréjével és egyidejű 1 kg/m^3 PP száladagolással sikerült elérni (71 perc).

Kísérleteinkkel igazoltuk, hogy a betonösszetétel optimalizálásával a vizsgált gerenda tűzállósága jelentősen javítható volt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A valóságban azonban minden másképp történik:

- Laboratóriumi tűzállósági határérték vizsgálatokat vasbeton-szerkezetekre nem végeznek
- EuroCode alapján határozzák meg a tűzállósági határértékeket
- Az EuroCode a betonösszetételt figyelmen kívül hagyja
- Így a tervező csak azt tudja megmondani, hogy nagy valószínűséggel a tervezett szerkezetének milyen tűzállósági határértéke lehet
- Használatbavétel!!!



KÖSZÖNJÜK A SZÍVES FIGYELMÜKET!

Dr. Majorosné
dr. Lublók Éva

Mezei Sándor
tű. hadnagy

