

Cantera de Montpalau (Malgrat i Pineda):

- Sulfats
- Clorurs
- Alcalis

Pirita: Substància química. Piratines. La pirita als àrids, en presència d'aigua i oxigen s'expandeix i produeix esquerdes en el formigó.

Camunyes: Llibre que no s'ha de mirar mai.

Normes: – UNE i ASTM (americana)

- 93/120 UNE Sulfurs

## **AGLOMERATS**

Com i pq endureix una massa aglomerant?. La força aglomerant té uns processos físico-químics.

–Evolució històrica:

La necessitat és la que ensenya. El primer aglomerant va ser el fang o les argiles.

Els bassals de fang, després de la pluja, es sequen, l'aigua s'evapora i la massa queda endurida.

Les masses de fang moldejables, permeten una fàcil adaptació a diferents formes. A mida que l'aigua s'evapora, serà menys moldejable.

El fang té unes capes i quan hi ha presència d'aigua, pènetrarà en aquestes capes i baixara el roçament i pot ser més moldejable. Quan s'evapora es rigiditza.

Argiles: Les seves mol·lècules fan que es neutralitzi i dona tendència a immobilitzar-se.

Les argiles són la 1<sup>a</sup> substància q s'ha conegut com aglomerant. La seva resistència màxima és de: 4Kp/cm<sup>2</sup>. Les capes d'argila amb aigua intersticial, quan aquesta s'evapora les capes s'ajunten.

## **L'ACCIÓ AGLOMERANT**

Caolinites (Halloisita)

Montmorillonites

Illites

Clorites

Les argiles doncs, serà el 1er problema del formigó. Si conté argiles, el formigó tindrà una pèrdua de R del 20%.

–Caolinites: Té força aglomerant

–Montmorillonites: Es la terra roja, i es la mes plàstica, pero es la que més retracció te.

Pasa de tenir un volum gros a un de petit. La diferència de volum es la retracció.

Montmorillonites: Valid per la ceràmica. Aglomeració primaria i aglomeració pel foc (formació de mullita)

Illites i ceorites: Son les menys plàstiques

## ORGANITZACIÓ DE LES CAPES

Aigua Intersticial Aigua Intersticial

Si s'evapora

## PRINCIPIS FISICO–QUÍMICS DE L'ADHERÈNCIA

–a– Origen càrrega elèctrica negativa de les partícules d'argila per absorció preferent d'ions OH

–b– Estructures laminars i presència de pressió atmosfèrica

–c– Absorció del mantell d'aigua per la partícula aconseguint espesors de 30 a 1000micres.

–d– Elevació de tensió superficial d'aigua. 72dines/cm<sup>2</sup>

–e– Intercanvi d'ions que modifiquen plasticitat.

## 2ON AGLOMERANT: EL GUIX

Argiles: Inconvenient. Quan es mullen augmenten de volum i es desaglomera , es desfà.

En terreny triàsic, fer servir ciment resistent als sulfats. En aquests terrenys, les cendres, una vegada em fet foc, si es mullen endureixen i formen la pedra artificial.

La cendra queda dura i es guix. Lo que endureix es el guix. Aquest es el segón aglomerant.

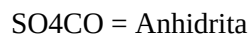
El guix es un sulfat de calç que cristalitza amb 2 mol.lecules d'aigua:



El guix es dishidrata a 130°C i queda mitja mol.lecula d'aigua i això es Hemihidrat:



Queda pols però amb 0.5H<sub>2</sub>O. Si l'escalfem més, a 150 graus, es perd la mol.lecula i queda:



Si es torna a mullar de anhidrita, passa a hemihidrat i després a guix.

Es produeix el cristall en totes les direccions i formen un entrebigat dur i amb una R de 100–130 Kp/cm<sup>2</sup>

La solubilitat del guix es de 1'8g/litre. Amb Aigua es desfà com el sucre. Es a dir que es un material

reversible. En una construcció no ha de ploure molt per poder dissoldre el guix.

### 3ª DESCOBERTA: LA CALÇ



Carbonat Diòxid Oxid bàsic de calç

de calç de carboni

En terreny no triàsic, una vegada fet el foc, queden noduls. Es descarbonata.

La pedra de cal aèria és un òxid  $\text{CoO} \cdot \text{CO}_2 = \text{CoCO}_3$  de calç mes carboni. La mol·lècula es trenca per aquí:  $\text{CoO} // \text{CO}_3$  a una temperatura de  $850^\circ\text{C}$ . Llavors queden noduls de calç i queda porositat a on es troba el  $\text{CO}_2$

La calç, a una temperatura

de  $850^\circ$ , es trenca la mol·lècula

i s'en va el  $\text{CO}_2$ . La descarbonata

Una vegada descarbonatada totalment és cal viva i una vegada plou:



Monòxid de calç

Això és desaglomerant però una vegada acabada l'explosió aquesta:



Després vindrà el Portland (inventat per un enginyer). Es va inventar per la necessitat de la construcció d'una fosa. Necessitaven un material d'endurir sota l'aigua.

Portland és una petita illa semblant a Peñíscola a Anglaterra.

#### La descoberta de l'aglomerant:

1756 Smeaton: Aglomerant hidràulic

1812–1818: Vicat – Silicats+ aluminats

1838 – BRUNEL – Portland

Necessitat de construir dins de l'aigua.

Smeaton: Aglomerant hidràulic.

1812–1818 Vicat: JA es coneixia l'aglomerant hidràulic. Vicat era químic i va estudiar la substància. Estudia els camps de paràmetres de la substància. Ell era capaç de donar explicacions de pq endureix sota l'aigua. Que hi ha de diferent? Hi ha una mescla d'argiles i microquars. Les argiles no eren diferents al terreny de França, per això va intuir que qualsevol argila podia fer el mateix. Va obtenir que totes les argiles van donar els

mateixos resultats i van endurir sota l'aigua.

Durant aquest temps es van escriure 2 articles on s'explica l'us d'aquest aglomerant.

Londres: Es van començar a fer petites indústries al voltant de Thames.

Una de cada 30 partides era expansiva i això va crear una situació d'angoixa. Van estudiar la substància i es van trobar que els compostos fonamentals eren:

SiO<sub>2</sub>

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

CaO – Majoritari

Van veure que la calç era una substància bàsica. En canvi, Al, Fe i Si son substàncies àcides.

La calç es combina amb Al, Fe i Si i es molt probable que hi hagi un excés de calç. La calç era destructura en un excés. S'havia de donar uns tants per cent de cada component de manera que no hi hagués cap problema.

CaO

----- = Mòdul hidràulic

SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Si era expansiva, el resultat d'això era > 2'2. Sinó, estava al voltant de 1'8

La resistència estava marcada pels CaO, pero volia saber si hi ha un altre element implicat en la resistència i va fer la següent:

SiO<sub>2</sub>

----- = Mòdul de silicats

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Aquest tenia que estar entre 2'3 i 1'8. Si passava de 2'3 era expansiva.

Llavors la sílice era el segón component que estava implicat en la resistència.

La sílice havia de ser mes alta que l'alumini i el Ferro.

–Com es comportaven Al i Fe?

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

-----

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Aquest modul no variava, no donava senyal en el contingut de la resistència.

Les escories de la Alumina eren viscoses, vol dir que la cosa tenia viscositat. Si el Fe era majoritari, era més líquid.

LLavors la relació Al-Fe, l'optim era 1'5. Més petit, combinació més ràpida (en quant a cocció). Més gran, reacció menys ràpida.

La resistència doncs, tenia molt a veure amb el contingut de SiO<sub>2</sub> i el CaO.

Els silicats de calç van donar a pensar quins eren els silicats d'aquesta substància. Va fer proves al microscopi amb els clinkers.

S'agafa una mostra i es posa invertida

Anem raspant fins que arriba a un espesor de 30 micres i es mira pel microscopi.

Es veuen unes plaques amb formes hexagonals i altres rodones contraposades a les altres. Es va suposar que eren silicats

Silicat càlcic C3S

Silicat C2S Bicalcic

$C3S = 3CaO \cdot 1'5.O_2$

$C2S = 2CaO \cdot 1'5.O_2$

Anys més tard, van analitzar la substància amb un mètode per replica (per reflexió) que s'aplicava a materials opcas. I aquí va deixar clar C3S i C2S. En conclusió:

+Tricàlcic + Resistència inicial

A partir d'aquí es va controlar les substàncies de manera que s'evites la expansió.

1838: Es va acabar la 1<sup>a</sup> obra subterrànea i la va fer l'enginyer Brunel. 1<sup>a</sup> obra per sota del nivell freàtic. Només va fer servir, no els ciments de Leixetemirer sino material extret a partir del Portland. El ciment Portland no es l'autèntic d'avi, es el que avui diem calç hidràulica.

En aquest moment es van adonar de que les escories + negres tenien un enduriment molt llarg. Va fer proves de laboratori i trigava unes 3 hores en fraguar. Eren molt de ferro (més resistència). Era el Portland. A partir d'aquí, un factor a dominar era la composició = Leixetemer.

-Cuadre de metalls i no metalls

Els òxids bàsics i àcids tenen tendència a unir-se. Formen substàncies estables pero si estan lliures son massa agressius.

$Oxids + H_2O = Àcids$

$Bàsics + H_2O = Hidròxids$

Si s'uneixen formen les sals neutres i son estables i no canvien.

Formigó: Volem que sigui estable, no hauran de ser òxids de calç lliure pq sino es actiu i es trenca.

## **PORTLAND**

Representa el 100%  $\text{Al}_2\text{O}_3$

2 de sílice i 3 d'alumini = bullita, que ha d'arribar a la temperatura de sintetització. Si no hi ha mullita, la ceràmica es crema.

–Técnica del microscopi: Per veure les fisures. La profunditat d'aquestes fisures del formigó o elements estructurals. El clinker dona el millor ciment.

Clinker: Granulat > 10mm

Granulat 10 – 5mm

Granulat < 5mm

FASE ACH Aluminats càlcics hidratats (el fons groc)

FASE SC Fases de silicats (cristalls marrons)

El silicat tricàlcic te forma poligonal (hexàgonal)

$\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$  a  $85^\circ\text{C}$  s'en va i queda nomes  $\text{CaO}$

Clinker de mes qualitat: 60% silicat tricàlcic.

FASE AC3 Aluminats Càlcic Quan s'hidraten pasen a fase ACH

FASE FAC3 Ferro aluminat càlcic

Patologies: Façana, sal de candlot: La fase que produeix això es la AC3

El FAC3 no es expansiu

## EL CIMENT PORTLAND

Composició: 20% Argila

80% Calcàrea

$\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$

Fabricació:

\*Cru: –Trituració 1<sup>a</sup> i 2<sup>a</sup>

–Homogeneització Stock Pile

–Moldura

\*Clinker: – Intercanviador de calor

- Clinkerització forn rotatori
- 9 metres de flama = 20 min de clinkerització
- refredament

\*Acabat: – Moldura

- Clinker+7% de guix natural, que permet que no fragui rapidament.

3500cm<sup>2</sup>/g S.E.BLAINE 5 a 10% > 4900 malles /cm<sup>2</sup>

4500cm<sup>2</sup>/g 0 a 1%

Composicions: Clinker, ciment i ciment hidratat

Fratasat del formigó: Trenca les fases del formigó i te una perdua de R superficial. Es pot fer un pulit.

FRAGUAT:

Quan ciment i aigua fan formigó:

Compo. Del clinker Compo del ciment Compo ciment hidratat

Clinker + 7% de guix =Ciment

–Comportament del ciment Portland dins del formigó

Si el component de calç lliure es superior al 2%, el ciment serà expansiu.

+Silicat tricàlci: + rapida serà la R inicial

Ciment+aigua= les fases de C3S canvien, es divideixen en 2 grups:

–SCH

–C3Ay CyAF

Composició del ciment:

C3S

+H<sub>2</sub>O = SCH

C2S

C3A

+H<sub>2</sub>O = C3Ay CyAF

CyAF

## COMPOSICIÓ DEL FORMIGÓ

Dosificació 300Kg/m<sup>2</sup> Portland I42T

Ciment hidratat CSG2 1% 3CSC3AH3 2'4%

ACH 3'2% C4AH 1'9%

C4AIH 1'0%

Sorra Calcaria (34%) o sílicia Actius inerts Putzolànic

Arids Calcaris (52%) o silícics Inerts Actius Patologies (alcalis arid, alcalis carbonat)

## EASE

1'9% Aluminat Càlcic hidratat

ACH Son lliures

1% FAC4H

Una part reacciona amb el guix i forma l'etringita primària.  $ACH + SCH_2 = 3CSC3AH3$

I dona lloc a la etringita primària i dona els primers Kp de resistència del formigó.

S'ha d'anar amb compte amb els sacs de ciment que estan a l'obra i que per exemple pot haver plogut. Si obrim un sac i al tocar-ho es pols segurament es bo, però, si el sac costa d'obrir i està trocejat, és ciment dolent i ja ha agafat la 1<sup>a</sup> resistència.

El huix ha de desaparèixer. En un 1'9% capaç de destruir el formigó, si està exposat a H<sub>2</sub>O que contigui sulfats.

El SO<sub>3</sub> reacciona amb l'1'9% i dona lloc a l'etringita secundària i aquesta és expansiva. Destroça el formigó, l'esquerda.

Això en sabates d'un edifici pot provocar assentaments diferencials

## Reaccio ciment + H<sub>2</sub>O + Arids

Els àrids no reaccionen, són inerts. Si no ho són donarà una reacció que donarà patologies d'alcalis. Volem que el formigó sigui estable.

\*Sequència de les reaccions de les partides de ciment dins del formigó:

C.Portland a/c baixa – Situació I

A/c alta – Situació II

El ciment Portland reacciona amb l'aigua i el guix es dissolt dins de l'aigua de l'amasat.



## Situació II Situació I

Situació I: L'aigua comença la fase més activa, la que 1er reacciona es l'auliminat càlcic. L'aigua toca la part externa i reacciona:

Forma etringita

Situació II: Hi ha més aigua, l'etringita està més clara i la seva unió es més feble i triga molt més en fraguar.

### La Resistència primària es deguda a l'etringita

A les 48 hores comencen a entrar en lloc els silicats C3S i C2S. De les partícules comencen a reaccionar de periferia. L'interior de la partícula queda verge, només reacciona la periferia, per això és important la finura del ciment (per obtenir més resistència ha de ser més fi).

Les partícules es desgasten 1 micra any. Per això amb el temps va agafant durabilitat, així que dona la resistència realment.

Silicats: Comencen a fer filaments més fins.

+ petits que l'etringita. És 100 vegades més fins + llargs i + penetrables

Aquesta és la fase SCH. Més lenta la reacció química, més grossa la fase que es produeix i més llarg l'aspecte.

En els silicats, serà els filaments més llargs quan més lenta sigui la reacció.

Més finura de ciment i més contingut de ciment augmenta la Resistència.

Relació a/c 0'5. Ens ho diu la norma. Polimerització de la sílice, permeten lligaments covalents. Tenen capacitat d'unir-se ells mateixos i formen cadenes de silicats, es van unint i augmenta la polimerització.

## **PATOLOGIES**

Relació a/c és la que ens dona una bona resistència.

Les patologies poden ser per 2 causes: intrínseques o extrínseques

Posterior a l'enduriment del formigó (de la vida de l'edifici)

Una patologia és una creació de tensions internes dins del formigó. Totes les substàncies que integren el formigó una vegada fraguat, crearan una deformació dins del formigó.

El formigó, una vegada entra en càrrega als 28 dies, col·loquem pes, creem tensió i produeix una deformació proporcional.

Si es treu la càrrega torna al seu estat inicial (recuperació lineal)

Deformacions plàstiques: quan treus la càrrega no te recuperació lineal. No recupera totalment.

Càrrega de rotura: Arriba a superar la resistència a flexocompressió de la resistència màxima.

Als 28 dies es fan probetes, és la base de la seguretat. Però no han d'haver patologies.

Ruina del formigó: Per la reacció de sulfat, es a dir, la formació d'etringita. Formació d'aquestes fases després de l'enduriment del formigó es el que el destrou.

## 1ª PATOLOGIA: ELS SULFATS

Com entenem la patologia del formigó?

Una vegada establerta l'existència de les fases durant tota la seva vida ha de ser intocable. No ha de ser modificada. Però hi ha substàncies que poden reaccionar amb components del formigó. Això provoca una modificació de l'arquitectura molecular.

Destroça el material i canvia la substància molecular, pot ser que sigui més gran, que augmenti el volum, te una expansió i crea una tensió interna. Hi ha creació de forces i serà superior a la resistència pròpia del formigó i es creen microfissures.

Això produeix una pèrdua de cohesió. Canvia de substància. Produeix patologia.

Però com ho sabem? S'ha de mirar. Les microfissures surten i es veuen a la vista.

La microfissura es una patologia d'origen químic. Pot causar assentaments en l'edifici.

Tot basat en la relació tensió-deformació. Si el formigó trenca per dintre que passa? Com en assaïem? La condició de projecte mana, en el projecte decidim el tipus de formigó, p.e. 350, però aquest 350 a la llarga esperem una vida estable i suposem infinita. Però una patologia química INTERNA, com ho sabem? La resistència vindrà definida per la patologia interna.

M.Etill: Pintem el formigó i totes les seves fissures quedaran visibles. Queden marcada la microfissuració.

Canvis de substància:

- Pot ser una única substància: Alotrópic. Hi ha recristalització que creen tensions i són els que trenquen.
- Varioses substàncies reaccionen entre elles químicament. Formació de noves substàncies.

Tant a com b produeix un canvi de volum d'alguns components interns del formigó.

-Escleròmetre: Rebot baix. Si l'escleròmetre no te rebot, treiem el testimoni.

### **Patologia: Tensions internes produïdes per l'aparició de noves substàncies**

Fissuració perpendicular a l'efecte de la tensió. El formigó ha de tenir substàncies mortes. No s'han de modificar. En el moment que ens canvia una substància crea tensions.

\*Patologies d'origen químic.

Intrinseques: Situades a nivell de la substància dins del formigó (degut a la composició pròpia del formigó)

- En els aglomerants anhidres
- En els aglomerants hidratats (1)
- En els agregats (2)

Extrinseques: En l'entorn de l'ubicació. Em de veure on posem el formigó. Agafem un formigó correcte intrinsecament però ho col·loquem en un lloc on els components poden reaccionar. (posar el formigó en un

lloc inadequat)

- Ex. Contingut d'aluminat o no segons on es posi
- Agregats son els arids. S'ha de mirar d'on venen, si hi ha guix o sulfats.

S'ha de remarcar que es molt important a l'hora de fer una diagnosi si la patologia es intrínseca o extrínseca.

### PATOLOGIA DE TIPUS QUÍMIC

- CaI: La calç trenca en forma de calitxes. S'ha de controlar. En els clinkers son expansius
- MgO: Arids calcaris pero substituïts per argiles. Dolomites, donen a ciments naturals que no tenen control. La Mg s'hidrata durant 1 any i pot haver expansió al cap d'un 1ny. Esta present en aigua amb ions sol.lubles
- De components del sofre: El sofre en forma de sulfurs. Pirites o en forma de sulfats.El sofre, quan surt del magma de la terra aquest sulfur en forma de pirita es inestabïle en quant surt a l'atmosfera.

Sofre en forma de sufat: estable, en forma de Sulfur NO es estable.

Cada punt de sulfur esclata. No es estable.

Sulfats d'etringita secundaria, es una altra patologia.

Eflorescències: Thenarita: Si supera els 32°C es deforma l'estructura mol.lecular i augmenta de volum. Produeix esquerdes. Es una patologia típica de façana. Cada vegada que el sol toca a la façana i supera els 32 graus hi ha un canvi mol.lecular

- Derivades de contingut de clorurs: Normalment sodis. Clorur de sodi aigua mes sals, es molt conductora. Sistema de piles. Al ser conductor s'accelera l'efecte pila i produeix l'atac electrolític i es produeix corrosió en les armadures.
- Reacció Alkali–Acid: Quan l'acid es actiu aquest reacciona amb l'alcali.
- Reacció Alkali–Carbonat: Reaccó del carboat en presencia de l'acid magnèsic.

### Patologia del Sulfat (Tunel de Sigüenza)

Probeta de 15x30

Etringita secundaria dins de la expansió.

Aluminat tricàlic. El guix s'esgota i deixa la reacció d'etringita.

Ciment Blanc en 15 dies amb sulfat està desfet pq te més aluminat.

Contingut de sulfat:

Per sota de 0'4 no hi ha problema de patologia del sulfat:

SO3/ciment < 0'045

Condicció necessària pel contingut de sulfats.

### **CEN: Normes Europees**

S: Escoria d'alt forn

P: Putzolanes naturals

V: Cendres volants ACTIVES

D: Fum de sílice

F: Filter

L: Calcària No actives: pq son calcarees i l pq la sílice es la activa i no conté sílice

P: Provenen dels volcans

S: Fabricat a mà Quan es barregen amb el ciment actuen igual

V: Generen les indústries tèrmiques. Cremat de carbons.

D: Es produeix en forns de temperatura molt alta i es fon materials. Ferrosilícics (per fer acers especials)

D+ciment: Superciment. La sílice s'utilitza com material actiu. Es microcristal·lí. Idoni per reomplir la granulometria íntima del formigó.

Menys porositat + densitat

F: Filler calcari i L: Calcària, no son actives

F: Material finament dividit. Per tant una cendra volant es pot utilitzar com filler.

Es posa dintre de la porositat

Hi ha els fillers necessaris per lligar els espais buits. Això es diu ajustament granulomètric.

Les Actives:  $\text{SiO}_2 + \text{Co(OH)}_2$  Silicat càlcic hidratat

Les adicions actives baixen el PH i quan el PH es neutre l'aluminat es soluble i no es forma l'etringita.

### **TIPUS DE CEMENTS**

- Portland pur: CEM I Ciment pur, sense adicions
- Tipus II: Baixa adició 6% – 20%

Efecte putzolànic: baixa el PH a neutre per en tants per cent molt alts. Adició 30%

IIB: Gran quantitat d'adició 21%–35%. Aquests ciments poden ser putzolànics.

III: Alts forns 35% – 65%

IV: Putzolànic

V: Ciment compost. No tenir en compte

III Alt forn: Millor resistència al mar. Baixa la quantitat de clinker i de guix. Aluminat mínim.

IV Putzolànic: CEM IV/A=11% – 35%. Millor que estigui a prop del 35 pq sigui actiu

IV A: Baixa addició

IV B: Alta quantitat d'addició

Assaig de Frattini: Confirma el PH final del ciment (una vegada entra en contacte amb l'aigua)

Ciment meteoritzat: La portlandita primària s'ha podrit. Segur que posat a l'obra baixa la resistència uns 150kg menys. Com sabem això?

Assaig de perdua per calcinació: Es perd aigua i carboni que entra de l'atmosfera.

Residu insoluble: Per controlar l'addició fem aquest assaig. Les puzolanes són insolubles.

UN ciment amb addició triga més en agafar la resistència i en endurir.

Tipus I: ràpid la reacció i en 7 dies ja podem desencofrar.

IIA i IIB: Corbes de resistència baixa i esperem 14 dies.

Assaig sulfats:

#### CRITERI PER DETERMINAR TERRENYS AGRESSIUS

- Aigua:  $SO_3 < 600 \text{mg/l}$  Considerem aigua no agressiva i els ciments tipus I i II es poden fer servir sense cap problema.
- Aigües saturades de guix:  $1800 \text{mg/l}$
- Si passa de 600 a 1500 seria agressivitat mitja. Per sobre de 1800 fortament agressives. Llavors haurem de posar ciments putzolànics o resistents a sulfats

TERRENY: Es dona els sulfats en %

Agressivitat: Lleugera: 0 a 0'1%

Moderada: 0'1 – 0'2% Fer servir putzolànic per seguretat (IV, III, II)

Forta: 0'2 – 2% (tipus III, IV III-2 IV,II i resistent a sulfats SR)

Molt forta: > 2% (tipus III-2, tipus IV i I/SR)

Sulfat: tots els terrenys triàsics tenen sulfats.

Terreny triàsic:

Material calcari = Mushel Kalk

Roca. No hi ha guix

Capa de Koiper. Argiles amb guix

Pedra del Figueró: Paviments, taules, son sorres...

BUND-SANDSTEIN: Color morat. No hi ha sulfats.

Margues. Tenen sulfats

Components de base

Sulfats: Koiper i argiles interestratificades dins del BUNDSANDSTEIN.

Encara que trobem un terreny triàsic, no necessàriament trobarem sulfats.

En obres, quan i ha esquerdes el contingut de sulfats en el formigó pot ser important. Si té un valor de 0'8% és correcte.

Formigó + esquerdes i sulfat < 0'8 valors normals del sulfat contingut en un formigó.

0'4 – 0'7%: Contingut normal, però considerant que el contingut de els sulfats és nul.

Fabricant de ciment anem a 2'7% de SO<sub>3</sub>. Anem més baix del que diu la norma. Es pot arribar fins a 3'3%.

2'7%–3'3% 3% de promig.

$3/100 \cdot 12 \pm 1$  0'4 – 0'2: Valor normal del contingut de sulfats en formigó sense cap fisura.

Sulfats > 0'8 Patologia de sulfats.

### PATOLOGIA DE SULFURS

Sulfurs normalment metàl·lics, d'estructura cúbica o plena.

Condicions pq es doni una patologia de sulfats:

Que es doni la presència simultània de les següents condicions:

1: Que hi hagi aportació suplementari i intrínseca o extrínseca de sulfat en un formigó o morter amb ciment portland normal amb contingut de C<sub>3</sub>A > 5% que doni una relació SO<sub>3</sub>/ciment superior a 0'04

2: Que hi hagi aigua o humitat relativa > 60%

3: Que hi hagi microfissuració deguda a retraccions per armat deficient, per moviments hidrotèrmics o per tensions per sobre del límit de ruptura.

4: Que no hi hagi un efecte putzolànic en el morter o formigó o que el ciment

sigui sulfuroresistent.

Si les quatre causes no son simultànies es produeix però si son alternants, el risc es alt. SI no se quin ciment posar, posant un putzolànic no hi haura cap problema.

## PATOLOGÍA ALCALI-ÀRID

Reacció alcali-àrid. Es la ruptura de les cadenes dels silicats de quars:

D'aquesta manera es trenquen i formen

Silicats  $\text{Si} - \text{O} =$  Monomers

Monòmer: Es la mol.lécula senzilla i es junten amb d'altres (polímers)

Àrids tenen silicats (cadena) es trenquen per la reacció del àlcali  $\text{OH}^-$  i dona el Monòmer. Aquest es converteix en polímer.

$\text{Si} - \text{O} - \text{Si} - \text{O} - \text{Si} + \text{OH}^- [\text{Si}-\text{O}] + \text{H}_2\text{O}$

Alcali Monómer

Monomers tenen mes calç que es precipita en forma de silicats.

Al formigó, no hem de tenir mai aquests components:  $\text{SiO}_2$  pq son actius

Els formigons amb això entre 10 anys i 15 anys es fisuren. Com els veure? Farem ACTM per veure si te material actiu. Sino tenen no hi ha problema.

Els noduls actius reaccionen amb els alcalis i es produeixen tensions.

Com trenca? Com es produeixen les tensions?

Alcali reacciona i trenca la cadena i forma àcids silícics lliures i reaccionen amb el formigó i formen silicats. El silicat creix dintre del formigó. Aquesta pasta es troba amb Portlandita (calç). La calç es precipita i queda una pasta blanca untada amb silicat de sodi.

El silicat de sodi i el càlcic formen la membrana del ciment

Es produeix aquesta membrana i llavors entrarà l'aigua pero els ions no poden sortir. Llavors s'infla i es trenca, es quan apareixen les fisures.

Si hi ha argila, facilita la creació de membrana semiimpermeable.

ASTM: Es un diagrama

S'agafen els arids. El laboratiri el que fa es que si hi ha arid actiu, reacciona amb la sosa i baixa l'alcalinitat. A les 48 hores es filtra i es mira la quantitat de sílice que hi ha.

Amb aixó anem al diagrama i mirem en quina zona estem.

## REACCIÓ ALCALI CARBONAT

La trobem en els àrids calcaris (magnesi)

CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> Poluomia

Acid magnesi=19'5% màxim, reacciona amb l'alcali i es produeix hidròxid de magnesi i carbonat sodic.

El carbonat sòdic torna a reaccionar.

Hidròxid de magnesi es la Brucita Mg(OH)<sub>2</sub>, que es la que forma la cristallització igual que la etringita i trenca el formigó.

Abans de fer la granulometria s'ha de mirar si es dolomític i si ho es mirem si te Brucita.

LOW-ALCALI: K<sub>2</sub>O i Na<sub>2</sub>O Potasi i sodi son els dos àlcali.

Ho calculem dient que tot es sodi.

Low alcali<0'6%

### CORROSIÓ ELECTROLÍTICA

Formigó + armadura= Pila.

Ferro de construcció te poc carbó, es molt dolç així que es formara oxid i el ferro s'inflarà.

Hi ha 4 casos pràctics

Estructura: La pila es Fe i O. Com es sol.luciona? s'ha de tallar la zona catòdica pintant per aïllar el ferro amb l'oxigen.

Per fer les piles necessitem 2 reaccions. Una catòdica i una anòdica.

La anòdica sempre es la mateixa: Fe – 2e Fe

Fe= en el moment que s'acida, s'espandeix i trencara la pedra, però amb una envoltura de plom es pot evitar això.

Abans, els romans aclaven el ferro directament a la pedar i al oxidase s'expandia i trencava la pedra.

1ª Reacció:

2ª Reacció

### ALUMINOSIS

El portland es molt sensible als sulfats. Per això s'intenta buscar un altre tipus de ciment. Es fa servir l'aluminós:

90% de composició del ciment es alumini. S'observa que agafa la resistencia molt rapidament i el doble que en el portland. A les 24 hores ja te la resistència del portland. Pero despres disminueix i acaba tenint menys que la del portland.

Alumini te una resistencia molt mes alta als sulfats.



El sulfat més el clinker aluminos, en teoria es incompatible i s'hauria de desfer pero això no passa porque al anar per exces, es forma una capa protectora i es dificil que penetri el sulfat.

–Propietats:

Al agafar la resistència tant rapidament, es pot construir a les 24h.

Això en pretensat es molt important porque amb portland no es podia destensar les armadures fins que no havia agafat la resistència el ciment i el ciment aluminos era molt temptador.

Això va crear que societats important van començar a fer ciment aluminós per tota europa. Després de la guerra es van adonar que hi havia grans superfícies, grans edificis nous i llavors es questionaven que fer amb el ciment porque ja sabien del problema de la baixada de resistència.

A Espanya es van fer vigues de ciment al.luminós en un moment estratègic en que es renovava l'empresa.

Biga aluminosa: Color amarronat.

Oxid Iloeinois: Precipita amb l'alumini, per això existeix amb el ciment aluminos. Aquest va ser un dels invents ràpids per veure si un ciment era aluminos o no.

Però es van trobar que el portland tb te una mica d'alumina així que tb reacciona.

El mètode correcte per determinar-ho finalment va ser el del BRE: anàlisi de l'oxid.

També es fan servir el dels raig X o el termic diferencial.

–Composició de les fases hidratants:

### Portland Aluminós

L'aluminos no necessita ghuix, es autoretardant.

La fase es molt ràpida de reacció i es produeix una cristallització hexagonal a partir d'un vigel amorf. Te gran adherència pero es un gel viu.

La fase hexagonal passa amb el temps a una altra fase, al a fase cúbica C3AH6.

Grau de conversió: depen d ela temperatura. A major temperatrua conversió mes ràpida.

Edificis de fa 20 anys tenen un 80%–95 de grau de conversió.

La biga es va resentint porque interiorment s'esta movent de fase hexagonal a cúbica. Cada any va creixent el grau de conversió i la resistència va baixant notablement

Apunts de Tecnologia del Formigó