

EXEMPLO Nº 116 :

TIPO DE ESTRUTURA: Estruturas de concreto sujeitas a ataques de sulfatos.

FISSURAÇÃO : Fissuras em forma de “Mapa”, visualmente semelhantes às fissuras usuais de retração.

ESQUEMA DAS FISSURAS :



← Fissuração na Base de Concreto Armado, de uma torre de rede elétrica .
O Concreto foi executado, no local, com cimento de alto teor de Sulfatos., [56]

CAUSA DA FISSURAÇÃO: Formação da **Etringita** dentro do concreto o que gera aumento de volume, o que requer : umidade no meio ambiente, sulfato no meio ambiente ou no próprio cimento e fissuras pré-existentes na estrutura. [57]

- Quando o ataque é do sulfato de cálcio a reação química é:
$$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O}(\text{cimento..hidratado}) + 3(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})(\text{sulfato}) + 16\text{H}_2\text{O} \Rightarrow$$

$$\rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}(\text{etringita}) + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{portlandita})$$
- A quantidade de água de cristalização, na etringita, é muito grande e daí resulta um grande aumento de volume .Surgem fissuras na pasta endurecida de cimento ao redor da etringita. Como resultado, temos aumento da permeabilidade, devido às fissuras.
- Daí resulta um maior ataque de Sulfatos do meio ambiente externo.
- Dai resulta mais formação de etringita , mais fissuração , ...→ degradação progressiva

SOLUÇÃO: Evitar sulfatos , água e fissuras.

1. Evitar o ataque de **sulfatos** :
 - Evitar uso de cimento com excesso de sulfatos.
 - Evitar acesso dos sulfatos do meio ambiente ao concreto, como ocorre em silos de carvão mineral com alto teor de sulfatos.
 - Evitar o contato do concreto com água com teor de sulfato $\text{SO}_4^{2-} > 3000\text{mg/litro}$ (segundo a norma EN 196-2). Se for inevitável, o melhor é impermeabilizar o concreto.
 - Se o teor de sulfato na água for : $600\text{mg/litro} < \text{SO}_4^{2-} < 3000\text{mg/litro}$, usar concreto com, $f_{ck} > 38\text{MPa}$ e teor de cimento resistente a sulfato (**RS**) $> 340 \text{ kg/m}^3$ de concreto , teor de micro-sílica = 17kg/m^3 e super-plastificante. Usar fator água/ (cimento+micro-sílica) $\leq 0,38$.
 - O cobrimento das armaduras deve ser =5cm.
2. Evitar **umidade** e exposição à chuva em ambiente industrial com alto teor de sulfatos, como área de refinarias de petróleo. Usar, para isso, impermeabilização.
3. Evitar **fissuras** causadas por:
 - Retração térmica.
 - Retração por secagem devida a cura defeituosa.
 - Cura a vapor com temperatura maior que 65 graus centígrados.