

Chapitre 2 : Principales pathologies des constructions



BENSALEM Sara

Table des matières



Introduction	3
I - Dégradations liées à la corrosion des armatures	4
1. Carbonatation	4
2. Attaques par les chlorures	4
II - Dégradation du béton	6
1. Dégradations mécaniques	6
1.1. Chocs	6
1.2. Fatigue	6
2. Dégradations physiques	7
2.1. Cycles de gel-dégel	7
2.2. Retrait	8
3. Dégradations chimiques	8
3.1. Réactions Alcalis-Granulats (RAG)	8
3.2. Attaques Sulfatiques	9
3.3. Attaques Acides	9
III - Conclusion	10

Introduction



Dans cette partie, nous nous intéresserons aux pathologies apparaissant dans le béton armé durci. ces pathologies ont des causes et conséquences variables. Elles sont décrites dans ce qui suit.



Dégradations liées à la corrosion des armatures



1. Carbonatation

La carbonatation est le résultat de la réaction chimique entre le dioxyde de carbone (CO_2) présent dans l'air et les constituants de la pâte de ciment hydratée susceptibles de réagir telle que : la portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et les silicates de calcium hydratés (CSH).

Cette réaction réduit donc le pH du béton de 13 à 9 et neutralise progressivement l'alcalinité du béton. Lorsque le front de carbonatation parvient aux armatures, elles se corrodent et perdent beaucoup en résistance. Des défauts esthétiques se présentent au début (tache de rouille) qui peut conduire à de gros désordres structurels tel que la ruine de l'ouvrage quand le phénomène se généralise.

Les causes principales de carbonatation :

- Ambiance humide riche en CO_2 ,
- Rapport E/C très élevé implique une porosité excessive du matériau en zone superficielle (Béton poreux),
- Cure négligée,
- Enrobage insuffisant,
- Ouverture des fissures : elles accélèrent également le transport des CO_2 .

2. Attaques par les chlorures

Les ions chlorures peuvent attaquer le béton de l'intérieur, pendant le processus de gâchage, ou de l'extérieur en pénétrant par les fissures ou le réseau poreux du béton pour aller corroder les aciers.

Les ions chlorures de sources internes existent en raison de l'utilisation des éléments suivants dans le béton:

- L'eau de mer ;
- Certains granulats qui contiennent des chlorures ;
- Les additions qui ont une teneur en chlorure plus élevée que celle définie dans la spécification normative ;
- L'eau de gâchage à une teneur en chlorure plus élevée que celle autorisée par les normes.

Les ions chlorures de sources externes peuvent se propager à l'intérieur de béton dans les cas suivants :

- Béton exposées à des embruns de l'eau de mer ou une exposition continue à l'eau salée ;
- Utilisation du sel de déverglace.
- Présence des chlorures dans certains sols.

La dégradation se manifeste par l'apparition de rouille à la surface du béton sous forme de taches non esthétiques, réduction de la section des aciers résistants ainsi que la fissuration ou l'éclatement local du béton.

Dégradation du béton



1. Dégradations mécaniques

Les dégradations peuvent être d'ordre mécanique, à la suite de chocs, de vibration, de tassement géotechniques ... Ces désordres se traduisent souvent par l'apparition de fissures ou d'éclats éventuellement aggravées par une déformation inacceptable de la structure.

Lorsque des contraintes brusques, comme un impact ou une explosion, provoquent une dislocation plus ou moins importante du béton, le lien entre les dégâts et leur cause est généralement évident [Itmaizeh E, 2016].

Les agressions de type mécaniques peuvent survenir à la suite de :

1.1. Chocs

Les désordres induits par l'exploitation d'un ouvrage constituent une cause non négligeable de dégradation du béton. Il s'agit le plus souvent d'action accidentelle de type mécanique qui se concrétise par des chocs [Calgaro J. et al., 1997]. Les chocs les plus fréquents sont ceux du poids lourds hors gabarit contre l'intrados des ponts, les chocs des bateaux ou d'objets flottants contre les piles en rivière, ainsi que les chocs de véhicules contre les barrières de retenue. Ces chocs peuvent créer des épaufrures, des éclats importants de béton, voir même des ruptures d'acier [El Houssain R, 2004].

1.2. Fatigue

La fatigue d'un élément signifie son endommagement sous l'effet d'efforts répétés ou cycliques. Alors qu'il est conçu pour résister à des efforts donnés, l'application répétée d'efforts plus faibles peut provoquer sa rupture.

Les endommagements par fatigue se traduisent par une dégradation de l'adhérence entre le béton et les armatures entraînant l'apparition d'une fissuration pouvant affecter la durée de vie de l'ouvrage, voire des déformations irréversibles sous l'effet des charges de service. Ils peuvent entraîner éventuellement la rupture quand l'assemblage atteint sa limite d'endurance.

Le degré d'endommagement dépend de nombreux facteurs comme :

- l'amplitude de la sollicitation (le nombre et l'intensité des cycles de chargement ou déformation imposée);

- la variabilité des charges appliquées ;
- le degré de fissuration entraînant une modification des propriétés du béton.

On rencontre deux types principaux de fissurations d'origine mécanique :

Les fissures verticales sont liées à un ferrailage insuffisant dans les zones les plus sollicitées :

- En partie inférieure à mi- portée,
- En partie supérieure aux appuis.

Les fissures à 45° (fissures d'effort tranchant) sont causées par un nombre insuffisant de cadres aux extrémités.

L'origine de ces désordres peut être liée à une erreur de dimensionnement, à un défaut d'exécution (erreur dans le ferrailage, décoffrage prématuré) ou à une utilisation anormale (surcharge d'exploitation).

Ces fissurations ont pour conséquences l'altération de la rigidité de la structure porteuse et la formation d'articulations non désirées ce qui provoque un changement de flux de forces et du système statique. Elles favorisent également la pénétration des facteurs de corrosion (humidité, CO₂, chlorures...) [Rincker V, 2009].

Ces fissures dues à des dégradations mécaniques sont à distinguer des autres fissurations ayant pour origine des pathologies.

2. Dégradations physiques

2.1. Cycles de gel-dégel

Le risque de détérioration par le gel d'un béton est particulièrement plus élevé lorsque que son degré de saturation en eau est important. C'est notamment le cas des parties d'ouvrages non protégées des intempéries et en contact direct avec des eaux salées. Ces dégradations peuvent être amplifiées si le béton est mal conçu et elles se manifestent sous deux formes :

- Détérioration par fissuration interne
- Détérioration par l'écaillage des surfaces en présence de sels fondants.

Ces deux formes de dégradation peuvent se produire simultanément ou de manière indépendante et elles peuvent affecter la durabilité de la structure.

2.1.1. Détérioration par fissuration interne

La fissuration interne peut se propager dans toute la masse de béton, mal conçu et soumise à de nombreux cycles de gel dégel.

Cette dégradation se manifeste par l'apparition d'une intense microfissuration du béton non seulement en surface mais aussi à l'intérieur de la masse de béton soumise au gel. La microfissuration

La fissuration interne diminue la performance du béton en réduisant considérablement ses caractéristiques mécaniques (résistances à la compression et à la traction, module élastique) et son

imperméabilité. Par exemple, un béton fortement attaqué par le gel interne peut affaiblir énormément sa cohésion.

2.1.2. Détérioration par l'écaillage

L'écaillage de surface est un mode de dégradation qui n'affecte que les surfaces de béton fortement exposées aux cycles de gel-dégel et des sels fondants. Il se manifeste par le décollement progressif de petites particules de pâte qui ont souvent la forme de petites écailles. En plus d'une dégradation esthétique de l'ouvrage, ce phénomène augmente sensiblement la perméabilité de surface et réduit l'épaisseur de recouvrement des aciers. Il favorise ainsi l'intrusion de substance délétère au sein du matériau et augmente le risque de corrosion des armatures [Mohamed M.A.S., 2011]. L'écaillage de surface est pratiquement inexistant lorsque l'exposition au gel-dégel se fait en absence des sels fondants.

2.2. Retrait

Le retrait est un phénomène physico-chimique qui existe de façon systématique au sein du béton et qui se développe sous diverses formes depuis la prise du béton jusqu'à son vieillissement. Il correspond à l'action du départ de l'eau excédentaire du béton vers l'extérieur de l'élément de structure. Le symptôme caractéristique de l'action du retrait sur un ouvrage est la fissuration qui peut être soit orientée, soit multidirectionnelle [El Houssain R, 2004].

Les différents types de fissures de retrait peuvent être classés, suivant leur ordre chronologique d'apparition, en trois types [Calgaro J. et al., 1997]:

- Fissures apparaissant une ou deux heures après le bétonnage: ces fissures sont provoquées par le tassement du béton frais. Elles sont relativement profondes et ouvertes et affectent les surfaces horizontales provoquant un gradient vertical de l'ensemble des caractéristiques physiques et mécaniques.
- Fissures apparaissant juste après le décoffrage : ces fissures affectent aussi bien les surfaces horizontales que les parements verticaux. Ces fissures sont généralement fines et peu profondes, mais elles peuvent être plus ouvertes lorsque le retrait thermique en est la cause.
- Fissures apparaissant plusieurs jours ou plusieurs mois après le décoffrage : ces fissures sont créées par le retrait à long terme. Ce retrait résulte du départ de l'eau en raison de la mise en équilibre hygrométrique de la structure en béton avec son milieu extérieur.

3. Dégradations chimiques

3.1. Réactions Alcalis-Granulats (RAG)

La réaction alcalis-granulats, est une réaction endogène, se produit entre les alcalis de la matrice cimentaire (provenant du ciment, des additions, des adjuvants, ...) et des granulats siliceux potentiellement réactifs (c'est-à-dire sensibles aux alcalis). C'est la raison pour laquelle on parle également de réaction alcalis-silice.

Pour que la réaction alcalis-granulats se manifeste, les trois éléments suivants doivent être réunis :

- La présence de granulats potentiellement réactifs en quantité suffisante (contenant de la silice amorphe ou incomplètement cristallisés, comme l'opale),
- Une teneur en alcalins solubles (sodium ou potassium) élevée dans la solution interstitielle,
- Une humidité relative ambiante élevée (supérieur à 80-85%).

Les principales conséquences de cette réaction consistent en la formation d'un gel expansif à base de silicate de calcium qui gonfle le béton. Il en résulte des contraintes de traction internes au sein du béton qui conduisent à la fissuration (réseaux de faïençage) de ce dernier. Outre le gonflement et la fissuration, l'alcali-réaction a pour conséquence de baisser les performances mécaniques du béton et diminuer la durabilité [El Houssain R, 2004].

En l'absence d'examen complémentaire, le risque est grand d'attribuer la dégradation, à tort, à un phénomène de corrosion. Dans certains cas, le béton prend une teinte ocre et l'on constate la disparition de lichens et de mousses présents au préalable le long des fissures [Itmaizeh E, 2016].

Des recommandations pour la prévention des risques liés à l'alcali-réaction ont été établies et sont désormais intégrées à la norme NF EN 206-1.

3.2. Attaques Sulfatiques

Les réactions sulfatiques sont provoquées par l'action des sulfates provenant de l'environnement (milieu aqueux, remblais contenant des sulfates), avec la chaux et les aluminates du ciment pour former de l'ettringite. Cette cristallisation s'accompagne d'une expansion très importante qui altère les caractéristiques mécaniques du béton.

3.3. Attaques Acides

Le béton présente un caractère basique élevé induit par les composés hydratés de la pâte de ciment (la phase interstitielle contenue dans le béton a un pH très élevé).

Il peut donc présenter une certaine réactivité vis-à-vis des solutions acides telles que les pluies acides, les eaux naturelles chargées en dioxyde de carbone, les eaux résiduaires, les eaux des industries agroalimentaires ou industrielles contenant des acides organiques, les eaux chargées en acides minéraux, mais aussi les eaux pures. [Al-Ostaz A, 2004]

L'action des acides (comme la substance agressive) sur le béton durci (Comme la substance réactive) traduit par la transmutation des composés de calcium (Hydroxyde de calcium hydraté de calcium, le silicate et d'aluminate de calcium hydraté) aux sels de calcium. En raison de ces réactions, la structure du ciment durci est détruite. Le taux de réaction des différents acides avec du béton n'est pas déterminée par l'agressivité de l'acide, mais par la solubilité du sel de calcium qui en résulte. [Hamlaoui S, 2012]

Conclusion



On a vu dans ce Chapitre que tous les mécanismes de dégradation des matériaux et perte de performance ou de comportement sont dues par plusieurs facteurs qu'on ne peut pas les maîtriser tous, donc la notion de la structure parfaitement durable c'est une notion irréalisable, cette vulnérabilité des structures nous exige à faire recours à des réparations ou des renforcements à travers le cycle de la vie de l'ouvrage.

A cet effet il nous faut plus de la compréhension des mécanismes dégradant, la maîtrise des méthodes des détections des causes et pathologie ainsi que celles des séparations entre ces pathologies pour l'élaboration d'un diagnostic le plus juste possible.