

Dégradations sur ouvrages d'art - Bétons armés

2. Le diagnostic

Généralités

La raison principale d'un désordre peut être attribuée à plusieurs causes :

- structurelle : les efforts sont trop grands pour la capacité de la structure et donc le béton cède sous ces contraintes trop élevées ;
- externe : l'environnement est agressif chimiquement vis-à-vis du béton et dégrade ses qualités intrinsèques ;
- interne : le béton contient lui-même des éléments chimiques qui vont conduire à sa dégradation, lente ou rapide.

En outre, plusieurs causes peuvent se cumuler.

Cause structurelle

Un ouvrage d'art se construit la plupart du temps sur le domaine public. Les calculs sont réalisés selon les Eurocodes, par des bureaux d'études habilités. Les erreurs sont toujours possibles ; le contrôle par un bureau de contrôle n'est obligatoire que pour un bâtiment recevant du public.

Néanmoins, afin que l'ouvrage fonctionne selon ses concepteurs, il faut respecter les dimensions et les détails donnés par les plans. Les écarts peuvent intervenir lors de la construction :

- sur le ferrailage : cela peut concerner la disposition, le diamètre ou la quantité des aciers d'armature ou encore un enrobage trop faible ou trop grand ;
- sur le coffrage : ses dimensions erronées, un manque d'étanchéité des coffrages pendant la mise en œuvre du béton conduisant à des pertes de laitance et donc à une diminution des performances des bétons en surfaces ;
- le matériau béton lui-même, par des ajouts d'eau juste avant la mise en œuvre, des erreurs dans la composition, des composants défectueux ou inadaptés à la destination de l'ouvrage ;
- une mise en œuvre défectueuse ayant pour cause, une plasticité du béton inadaptée aux conditions (ferrailage dense,

coffrages étroits), un mauvais serrage (vibration) ou une mauvaise protection post-bétonnage (par temps froid ou chaud).

Ces écarts contribuent grandement à la diminution de la durabilité du béton et des ouvrages.

Cause externe

L'environnement en contact avec le béton peut contenir des agents chimiques nuisibles à la durabilité du béton. La corrosion est alors induite par carbonatation (XC), ou induite par les chlorures présents dans l'eau de mer (XS), ou par une attaque gel/dégel avec ou sans sel de déverglaçage (XF) ou par des attaques chimiques (XA). Se référer à la norme NF EN 206/CN §4 Classification et FD P 18-011.

Pour chaque agression, il existe une solution pour assurer la durabilité du béton en choisissant essentiellement :

- les qualités intrinsèques des composants ;
- les proportions et quantités de ces composants ;
- et en agissant sur la quantité d'eau par rapport à celle de ciment.

Le respect des proportions est fondamental pour assurer la durabilité, notamment et surtout la quantité d'eau. Les ajouts d'eau par rapport à la quantité prescrite sont extrêmement préjudiciables (respect du rapport E/C).

Cause interne

Les composants eux-mêmes peuvent être la source de dégradation, par l'intérieur, du béton. On dénombre trois phénomènes.

La carbonatation : La chaux, contenue dans le béton, décarbonatée lors de la fabrication du ciment, n'aura de cesse que de se carbonater à nouveau en piégeant le CO₂. Cette réaction chimique aura pour conséquence la dépassivation des aciers, qui ne sont donc plus protégés contre la corrosion. Cette corrosion pourra alors débiter et le gonflement qu'elle provoquera sera l'occasion de la fissuration du béton puis de son éclatement.

1. Le constat

Les dégradations des bétons d'ouvrages d'art peuvent se présenter sous différents aspects et entraîner la responsabilité des acteurs qui ont mis en œuvre le béton.

On peut qualifier ces dégradations selon plusieurs critères :

- défauts préjudiciables comme le ressuage, le nid de cailloux, l'écaillage dû au gel et aux sels de déverglaçage, la carbonatation, la poussée au vide des armatures ;
- Défauts indiquant une évolution en présence de fissuration importante ou de déformation excessive ;
- Défauts structuraux indiquant la proximité d'un état limite ultime en cas de fracturation ou de tassement important ;
- Défauts esthétiques, si l'on constate une variation de teinte sur un même parement, une efflorescence, une tache noire, des pommelages, des fuites de laitance, un bullage, des marbrures, ou fissure superficielle et faiçage. En dehors des défauts esthétiques, ces dégradations diminuent systématiquement la durabilité des ouvrages concernés.

À consulter

Dégradations sur ouvrages d'art - Bétons armés

- NF EN 206/CN Béton Partie 1 : spécification, performances, production et conformité
- FD P18-011 (décembre 2009) Béton Définition et classification des environnements chimiquement agressifs Recommandations pour la formulation des bétons
- Guides STRRES (FABEM 1 – 2 – 3 et 4) sur le site www.strres.org

La réaction alcali granulats (RAG) : Dans cette réaction, au contact de l'eau, les granulats réagissent avec le ciment, pour donner des gels expansifs qui détruisent le béton.

La réaction sulfatique interne (RSI) : Certains agrégats peuvent contenir des sulfates. Dans ce cas, si la température interne du béton dépasse 65°C pendant la prise (pièces massives par exemple), des composés chimiques se forment, qui, en présence d'eau, vont devenir expansifs et détruire le béton. Le même phénomène peut se déclencher de façon externe, au contact d'un béton et d'un terrain contenant des sulfates.

Conséquence générale

Ces causes ont toutes, comme conséquence, la fissuration du béton, favorisant ainsi la pénétration des agents extérieurs générateurs de ces pathologies et en diminuant les performances mécaniques.

La fissuration entraîne plus ou moins rapidement la dépassivation des aciers qui ne sont donc plus protégés contre la corrosion. La corrosion de ces aciers engendre un gonflement du à la rouille expansive, qui augmente encore la fissuration du béton puis son éclatement.

Le phénomène ne va qu'en s'aggravant et peut conduire à la ruine de l'ouvrage.

Même sévèrement attaqué et endommagé, un ouvrage peut être réparé. C'est souvent le coût économique de la réparation, comparé à une reconstruction totale, qui sera déterminant.

Le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures, dénommé STRRES, publie des guides pour réparer les ouvrages en béton endommagés (voir pour les désordres du béton, le guide FABEM 1 sur le site www.strres.org).

3. Bonnes pratiques et conseils de prévention

Bien choisir la formulation

En dehors des performances mécaniques à atteindre, le béton d'un ouvrage doit résister aux attaques de l'environnement.

Des classes d'environnement sont définies dans la NF EN 206/CN. La classe d'environnement doit être définie par le maître d'ouvrage ou par son maître d'œuvre.

Les conséquences sur la formulation qui découlent de cet environnement sont aussi prescrites par la NF EN 206/CN. Elles portent, par exemple, sur le type de ciment, la quantité minimale de ciment ou la quantité d'eau relativement à la quantité de liant.

D'autres recommandations portent sur la prévention de l'alcali réaction (RAG) ou sur la réaction sulfatique interne (RSI).

Si les conditions de la norme ne peuvent pas être réunies (par exemple, dans un contexte hors métropole pour le type de ciment), des essais en laboratoire peuvent qualifier une formulation vis-à-vis d'une attaque spécifique.

Soigner la mise en œuvre

Tous les efforts faits dans la mise au point d'une formulation pour répondre de nombreux critères de performances peuvent être ruinés par une mise en œuvre défectueuse. Il est indispensable de respecter les ferrailages, les sections de barres requises, les enrobages des barres vis-à-vis de la peau du béton. Le respect de ces conditions contribue grandement à la durabilité.

Lire la documentation existante

La FNTP édite des documents pratiques. Guide Pratique du Béton - LA MISE EN OEUVRE DU BETON

Ne pas oublier la cure

Consulter le tableau de la norme NF EN206/CN calculant la durée minimale de cure pour la classe de cure 2, correspondant à une résistance à la surface du béton égale à 35 % de la résistance caractéristique spécifiée.

4. Ce qu'il faut retenir

- Bien choisir la formulation
- Lire la documentation existante
- Soigner la mise en œuvre
- Ne pas oublier la cure

Crédit photos : Socabat