

Chapitre 6 : Techniques et matériaux de réparation des structures en béton dégradé

1/ Définition La réparation des structures :

La réparation des ouvrages dégradés en béton est une opération qui fait intervenir deux matériaux, dont les propriétés physiques, chimiques et mécaniques sont différentes. Il s'agit d'une part, d'un matériau de base, le vieux béton (substrat) et d'autre part, il y a le matériau de réparation, matériau encore jeune. On a deux types de réparation

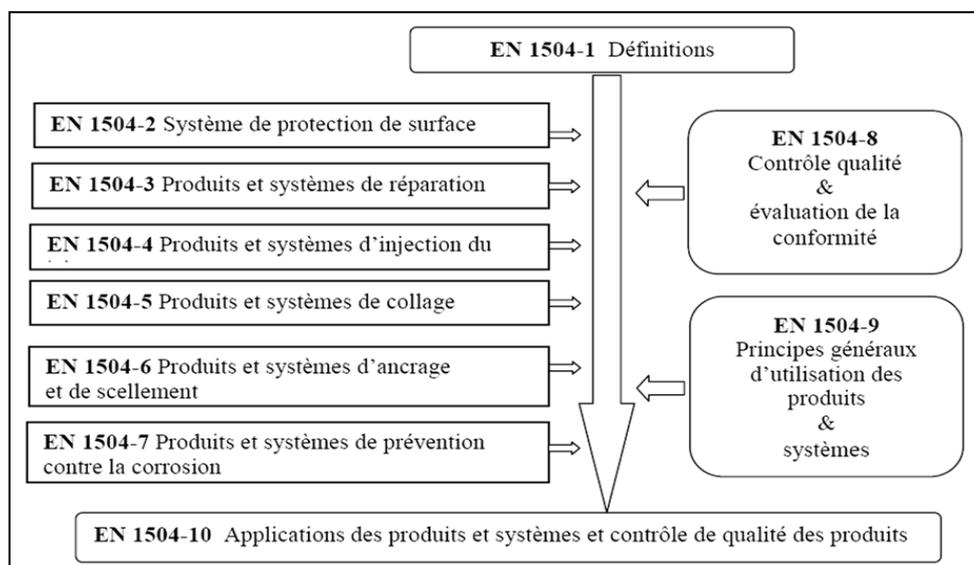
- une réparation superficielle (mince) qui fait référence à des réparations d'épaisseur inférieure à 100 mm, pour laquelle les aciers de renforcement n'ont pas été dégagés.
- Une réparation structurale dont l'épaisseur dépasse 100 mm et, qui sera alors dictée par les lois de la résistance des matériaux et de la mécanique, dont l'objectif est de restituer la capacité portante initiale de l'élément considéré

2/ Le Contexte normatif

La réparation d'une structure en béton est une activité qui nécessite un personnel qualifié et compétent. Comme il doit aussi y avoir des standards, procédures disponibles qui définissent les opérations afin qu'ils puissent être correctement mis en oeuvre.

La norme européenne NF EN 1504 (2004) « Produits et systèmes pour la réparation et la protection du béton structures -définitions, exigences, contrôle qualité et évaluation de la conformité » définit les procédures et les caractéristiques des produits utilisés pour réparer, entretenir et protéger une structure en béton.

Elle est composée de dix chapitres qui décrivent toutes les étapes de réparation structurale et non-structurale des structures en béton.



3/ Les étapes clés du processus de réparation

- *Evaluation de l'état de la structure*
- *Diagnostic des causes de la détérioration*
- *Choix des objectifs de réparation et de protection*
- *Sélection de la stratégie de réparation et de protection adéquate*

Il convient de répertorier les exigences et instructions du propriétaire concernant :

- * *La durabilité, les caractéristiques et les performances requises.*
- * *La durée de vie utile escomptée.*
- * *Le mode de transfert des charges avant, pendant et après la réparation.*
- * *La possibilité de réparations ultérieures, y compris l'accès et la maintenance.*
- * *Les coûts des solutions variantes.*
- * *Les conséquences et la probabilité d'un défaut structurel.*
- * *Les conséquences et la probabilité d'un défaut partiel.*

3/ Les produits de réparation

La norme NF EN 1504-1 (2004) définit les trois types de matériaux couramment utilisés pour la réparation des ouvrages:

3.1/ Les polymères (Produits à base de résines de synthèse)

Les mortiers et bétons polymères (PC) : "mélange de polymère et de granulats calibrés dont la prise se fait par réaction de polymérisation".

Ces produits se composent de sable (cas de mortier), de polymères organiques réactifs additionnés d'adjuvants spécifiques, et éventuellement de charges minérales. Les produits les plus couramment utilisés sont ceux à base de résines époxydes ou polyuréthanes

3.2/ Les liants hydrauliques :

Sont les mortiers ou bétons hydrauliques (CC): (mortier ou béton à base de liant Hydraulique) mélangé à des granulats calibrés, qui peut inclure des adjuvants et des additions et dont, après mélange, la prise se fait par réaction d'hydratation.

Cette catégorie de produits est la plus utilisée et se subdivise en deux catégories selon que le ciment est seul (produit à base de liants hydrauliques traditionnels, encore appelés LHA), ou que celui-ci est modifié par ajout de polymère (produit à base de liants hydraulique modifiée, appelés LHM). Les produits à base de LHA (mortiers et béton ordinaires), auxquels il est possible d'incorporer des adjuvants ou des fibres. Les produits à base de LHM (bétons modifiés au résines) sont constitués par un mélange de sable, de ciment, de résines miscibles

dans l'eau, et peuvent éventuellement être fibrés. Les résines sont principalement de types acrylique, vinylique, ou styrène- butadiène.

3.3/ Les liants mixtes (liants hydrauliques associés a des polymères) :

Les mortiers ou bétons de ciment hydraulique polymère (PCC) : "mortier ou béton hydraulique modifié par l'ajout de polymères additifs en quantité suffisante pour lui conférer des propriétés spécifiques".

Les produits mixtes sont des produits à base de ciment et de polymère organique réactif. Cette famille de produits est dominée par les systèmes époxy-ciment ; ceux-ci comportent généralement trois composants de résine (base et durcisseur) et le mélange granulaire composé de ciment et de filler.

➤ Propriétés des matériaux de réparation de béton typiques

En fait, une compatibilité doit être assurée entre la réparation et le substrat, qui est une combinaison des propriétés (physiques et mécaniques) des deux matériaux mis en contact. Ce qui assure une résistance aux charges externes du système de réparation et maintient intégrité structurelle envers différentes conditions d'exposition environnementales pendant toute la durée de vie de service.

Type de matériau de réparation	Matériau à base de polymères	Matériau cimentaire modifié par des polymères	Matériau cimentaire
Résistance à la compression (MPa)	50-100	30-60	20-50
Résistance à la traction (MPa)	10-15	5-10	2-5
Module d'élasticité (GPa)	10-20	15-25	20-30
Coefficient de dilatation thermique (déformation par °C)	$25-30 \times 10^{-6}$	$10-20 \times 10^{-6}$	10×10^{-6}
Température maximale de service (°C)	40-80	100-300	>300

4/ Les étapes d'une réparation

4.1/ Préparation des surfaces à réparer

Pour obtenir une bonne préparation de surface, le résultat est d'obtenir: Une surface sèche, régulière, propre, sans poussière, sans saletés et sans huile. Cette préparation comporte trois grandes étapes:

4.1.1/ Enlèvement du béton dégradé

Enlever toutes les parties de béton endommagées, partiellement décollées, ainsi que celles qui présentent une apparence saine mais sonnent le creux sous des coups de marteau.

.Les techniques les plus fréquemment employées sont:

- **l'hydro-démolition:** C'est la technique la plus efficace et la moins désagréable pour le support, elle utilise des jets d'eaux à très haute pression (50 à 200 MPa) qui peut être ajustée en fonction de la profondeur de démolition ou en fonction de la qualité du béton à enlever.
- **Le marteau piqueur:** A l'aide d'un marteau de masse de moins de 14 kg, malgré le grand nombre des coups par minute, il donne une bonne qualité de surface avec peu de vibration. Le rendement varie en fonction de la qualité du béton, de la présence d'armature et de l'opérateur.
- **La brise béton:** C'est un gros marteau hydraulique de masse comprise entre 15 à 30 kg, mais son utilisation provoque dans la plupart du temps des fissurations et trop de bruit, à cause de la grande vibration.

4.1.2/ Nettoyage de la surface

Le nettoyage de la surface est nécessaire pour enlever les débris, les huiles, et les poussières, afin de développer une meilleure adhérence entre le matériau de réparation et le vieux béton.

Plusieurs méthodes de nettoyage sont utilisées, mais il faut d'abord s'assurer de la compatibilité entre la méthode de nettoyage prévue et la composition du produit de couverture. On distingue les méthodes à sec (brossage, aspiration, soufflage à l'air sec déshuilé) et les méthodes humides

4.1.3/ humidification de la surface

Après le nettoyage de la surface, et dans le cas d'un produit qui exige un support d'application humide, il est conseillé d'humidifier le parement de béton pour faciliter l'accrochage du produit et éviter l'effet de dessiccation de sa couche en contact avec le support qui a tendance à absorber l'eau nécessaire à l'hydratation du ciment de cette couche.

4.1.4/ Nettoyage et remplacement des aciers

Les armatures existantes devant être intégrées au béton neuf doivent être débarrassées de toute trace de corrosion, huiles, saleté, et de tous corps étrangers. A cet effet, on procède par grattage par frottement à la brosse métallique manuelle ou mécanique ou par projection (sablage ou grenailage). Si l'on doit ajouter de nouvelles barres d'armature, il faut se rappeler que les barres d'origine, si elles ne sont pas rompues, continuent à supporter des efforts. Pour que les nouvelles armatures prennent en compte une partie de la charge, il faut que les contraintes dans le béton augmentent. La répartition des contraintes qui en résulte doit être étudiée.

5/ Le choix des produits de réparation

Le choix est évidemment fonction de l'objectif de la réparation et dépend de nombreux paramètres dont les principaux sont les caractéristiques mécaniques et physico-chimiques des produits, les conditions de mise en œuvre, l'aptitude à l'entretien, la durabilité, l'esthétique et le coût.

Pour les ragréages et pour la réparation des défauts les plus courants, le choix s'établit entre quatre types de systèmes de réparation :

- Les mortiers à base de LHM mis en œuvre après application d'une couche d'accrochage en liant époxyde, ou d'un gobetis d'une barbotine ;
- Les mortiers à base de résine époxyde mis en œuvre après application d'une couche d'accrochage en liant époxyde ;
- Les mortiers à base de résine polyuréthane mis en œuvre après application d'une couche d'accrochage en liant polyuréthane;
- Les mortiers mixtes de type époxy-ciment mis en œuvre après application d'une couche d'accrochage en liant époxyde ou d'un gobetis, ce système étant plutôt réservé aux reprofilages ou à la réparation de dégradations superficielles du béton.