

REPARATION ET/OU RENFORCEMENT DES OUVRAGES

2ème partie

Techniques de réparation des éléments de structures

Par

Mohamed-Naboussi FARSI

Ingénieur Génie Civil - Chargé de Recherche au Centre National de Recherche Appliquée
en Génie Parasismique (C.G.S.) (Alger)

Résumé

Dans la première partie de cet article, parue dans "Algerie EQUIPEMENT" n° 2 du mois d'octobre 1991, l'auteur, après avoir souligné en quoi consiste les opérations de réparation et renforcement, a passé en revue les différents types de désordres et leurs causes.

Dans cette deuxième partie, il présente quelques méthodes et procédés de réparation et/ou de renforcement d'éléments structuraux endommagés.

Mots clés : réparation - renforcement - béton - acier
- gainage - fissure - injection - béton
projeté.

1 GAINAGE

L'utilisation de gaines convient particulièrement à la réparation des poteaux, des piles et des pieux détériorés.

1.1 Description

Cette technique consiste à reconstituer ou à accroître la section d'un élément en service. Il n'est pas nécessaire que l'élément d'origine soit lui-même en béton. Il est possible de gainer de béton des sections en acier ou en maçonnerie.

1.2 Préparation des surfaces

Les travaux de préparation des surfaces avant l'opération de gainage revêtent une importance primordiale.

Les différentes méthodes de préparation sont consignées dans le tableau 1.

1.3 Coffrage

Le coffrage de la gaine doit être muni de cales d'espacement destinées à ménager un vide entre le coffrage même et la surface du béton ou matériau initial. Ce coffrage peut être temporaire ou permanent, peut être en bois, en acier ou en béton préfabriqué, selon sa destination et les conditions d'exploitation.

2 INJECTION

C'est une opération qui consiste à faire pénétrer dans des fissures un produit susceptible de créer une liaison mécanique et/ou une étanchéité entre les parties disjointes.

2.1 Cas d'emploi

Les éléments en béton armé, isolés ou en réseau, endommagés dont les fissures sont stables et qui ont une faible largeur (0,2 à 2 mm) peuvent être réparés par la technique d'injection de résine. Il reste entendu que le béton des zones fissurées est sain.

Les éléments dont les fissures dépassent 2 mm de large peuvent être réparés par injection de mortier époxydique.

Les travaux d'injection se font en deux étapes :

- Préparation des fissures
- Injection proprement dite

2.2 Préparation des fissures

On ignore souvent l'état interne des fissures. Pour cela il est absolument nécessaire de procéder à leur nettoyage, avant toute injection, à l'air comprimé ou à l'eau sous pression.

2.3 Choix des produits

Les principales caractéristiques qui doivent guider dans le choix du produit le plus approprié au travail seront :

- Viscosité et injectabilité
- Durée pratique d'utilisation
- Vitesse de prise
- Propriétés mécaniques (résistance, élasticité...)
- Adhérence
- Compatibilité ou non avec l'humidité
- Facilité de mise en oeuvre
- Comportement du produit appliqué :

- ❖ Au vieillissement
- ❖ Aux ultra-violets
- ❖ Au gel/dégel
- ❖ A la température
- ❖ Aux agents agressifs

2.4 Produits d'injection

Les avantages et inconvénients des différents produits d'injection sont consignés dans le tableau 2.

2.5 Critères de sélection

La sélection des produits se fait sur la base des critères suivants :

- ✓ Géométrie des fissures (largeur, profondeur, tracé...)
- ✓ Etat des supports
- ✓ Présence d'eau
- ✓ Contraintes imposées à l'ouvrage
- ✓ Elle est surtout fonction des facteurs suivants :
 - * Accessibilité à la fissure
 - * Environnement climatique
 - * Délai de remise en service
 - * Capacité de l'entrepreneur

- ✓ Caractéristiques des produits existants sur le marché

3 BETON PROJETE

3.1 Définition

Les bétons, transportés "secs" ou "mouillés" dans une conduite desservant les différentes parties d'un ouvrage à réparer, sont appelés bétons projetés lorsque, grâce à l'utilisation d'air comprimé, ils peuvent être mis en place par projection.

Les mortiers projetés ou micro-bétons sont mis en place de la même manière mais ne comportent pas de grains de plus de 5 mm.

3.2 Méthodes de projection

Deux méthodes sont employées actuellement pour la projection du béton. Il s'agit de la voie sèche et de la voie mouillée.

Pour tout ce qui concerne ces techniques de projection, les matériels et matériaux à employer, il y a lieu de se reporter aux ouvrages spécialisés (voir bibliographie donnée à la fin de la première partie de l'article).

4 PRECONTRAINTE EXTERIEURE

La technique de précontrainte extérieure permet la mise en oeuvre et la conservation d'efforts de précontrainte appliqués à des ouvrages existants précontraints ou non dans le but de leur redonner leur état de service (renforcement).

Cette technique s'applique :

- ♦ Aux ouvrages en béton précontraint ou béton armé présentant des insuffisances en flexion longitudinale ou à l'effort tranchant.
- ♦ Aux voiles et âmes de poutres présentant des insuffisances à l'effort tranchant et à la torsion.
- ♦ Aux pièces tendues en béton armé dont les aciers sont insuffisants ou déformés (tirants fissurés).
- ♦ Aux ouvrages en maçonnerie.

4.1 Matériaux

Les matériaux doivent être conformes aux textes en vigueur. En l'absence de textes officiels, ils sont soumis à l'acceptation du maître d'oeuvre.

4.1.1 Aciers

Les aciers de précontrainte mis en oeuvre peuvent être :

- * Des aciers faisant l'objet d'agrément.
- * Des aciers pour boulonnerie à serrage contrôlé.
- * Eventuellement des armatures à haute résistance protégées contre la corrosion.

4.1.2 Ciments

Ils doivent être conformes aux normes en vigueur.

4.1.3 Ancrages et accessoires

Les ancrages pour fils, torons et barres doivent être choisis parmi les modèles agréés.

Les ancrages ainsi que les accessoires doivent être conçus pour résister à l'environnement.

4.1.4 Conduits

Les conduits dans lesquels sont placées les armatures peuvent être des tubes en acier protégés contre la corrosion, des gaines souples en matériau plastique ou des passages forés dans la structure.

4.1.5 Graisses

En l'absence de textes officiels, le produit proposé doit faire l'objet d'une acceptation du maître d'oeuvre ⑥

Tableau 1 : Méthodes d'élimination des bétons dégradés - Efficacité et Inconvénients.

METHODES - MATERIEL	EFFICACITE	INCONVENIENTS
A) ELIMINATION EN EPAISSEUR		
Burinage Outils manuels pneumatiques ou électriques légers.	Bon dégagement des bétons fissurés, brûlés et pollués dans l'encombrement des armatures.	Création de micro fissurations locales dans le cas d'abattage sans précaution.
Repiquage Marteau léger pneumatique à aiguilles multiples.	Préparation efficace des bétons et surtout des armatures corrodées.	Création de micro fissurations dans les granulats du béton ou provoquant leur décollement.
Bouchardage Outils manuels, pneumatiques ou électriques légers à pointes de diamant.	Bonne préparation des surfaces de faible importance.	Micro fissuration importante
B) ELIMINATION DE SURFACE		
Sablage à sec Sableuse pneumatique et compresseur.	Avec sables synthétiques agrésés, bonne préparation des bétons et armatures avec utilisation de liants de synthèse.	Nuages de poussières, nécessité d'un personnel qualifié, équipé de protection individuelle agréée. Risques pour ce personnel.
Sablage humide Sableuse pneumatique et compresseur.	Avec de la silice pure, bonne préparation des reprises avec liant hydraulique.	Risque important de pollution des parties voisines, prévoir une protection efficace.
Lavage à l'eau à très haute pression Pompe électrique HP.	Bon enlèvement des granulats desservis et des liants dégradés.	Risque pour le personnel, à réserver aux reprises avec liant adhérent sur surface humide.
Rabotage mécanique Rabot électrique à molettes ou outils multiples.	Préparation des surfaces planes horizontales, non armées, fissurées et polluées.	Création d'amorces de fissuration, prévoir un produit de collage ou un primaire d'accrochage.
Décapage thermique Lance à bocs multiples oxyacétyléniques.	Préparation des surfaces planes de béton non armé très efficace en cas de pollution chimique.	Création de fissures dans les granulats du béton, prévoir un nettoyage final énergétique.
Ponçage Ponceuse légère électrorotative disques à brasifs	Préparation des surface planes de faible importance sans fissure ni armature.	Pas de reprise performante, risque de polissage de la surface.
C) DECAPAGE CHIMIQUE		
Par acide dilué ou par solvant.	A réserver aux cas particuliers : élimination de film synthétique ou de laitance de béton non armé	Risque important de pollution des parties voisines, prévoir une protection efficace (risque corrosion).

Tableau 2 : Produits d'injection - Avantages et Inconvénients.

Type de produit	Avantages	Inconvénients
Coulis de ciment	- Faible coût. - Possibilité de mise en oeuvre par des moyens simples	- Retrait - Ségrégation - Ressuage (produit hétérogène) - Utilisation délicate dans les fissures fines
Silicates	- Long temps d'injectabilité - Viscosité réglable par addition d'eau - Injection des fissures $\geq 0,2$ mm	- Retrait en milieu asséché - Emploi délicat - Injection de vides importants déconseillée
Résines époxydiques	- Pas de retrait - Excellente adhérence - Faible viscosité : injection des fissures $\geq 0,2$ mm - Propriétés mécaniques élevées - Bon comportement en présence d'humidité - Prise et durcissement rapides - Bon comportement aux agents agressifs	- Emploi délicat - Coût élevé
Résines polyester	- Propriétés mécaniques élevées - Faible viscosité - Injection des fissures $\geq 0,2$ mm	- Produit inflammable - Retrait - Faible résistance à l'alcali du béton - Adhérence sujette à caution - Coût relativement élevé - Emploi délicat
Résines polyuréthannes	- Blocage provisoire de venues d'eau par formation de mousse - En milieu sec possibilité d'injecter des fissures actives avec des polyuréthannes "souples" - Fissures $\geq 0,2$ mm - Faible viscosité	- Léger retrait - Sensibilité à l'eau - Emploi délicat
Résines acryliques	- Faible viscosité réglable - Fissures $\geq 0,2$ mm Sous forme de gel : - Gonflent en présence d'eau Sous forme de résines : - Résistances chimiques élevées - Résistances mécaniques élevées	Sous forme de gel : - Nécessité pour éviter le retrait d'une présence d'eau permanente Sous forme de résine : - Adhérence faible - Propriétés mécaniques faibles - Retrait - Coût relativement élevé