

Des temps primitifs à nos jours, les constructeurs ont vécu une inquiétude constante en voyant qu'au cours des années certaines parties de la construction présentaient des signes de dégradation, à ses débuts ou imminente, dégradation due à des défauts imprévus que l'on devait corriger immédiatement à l'aide de travaux souvent difficiles et coûteux.

Dans la majorité des édifices anciens, le passage des siècles est marqué par des réparations effectuées au long des années et qui ont laissé leur empreinte selon le genre de matériau utilisé et suivant l'habileté des réparateurs.

Quand on commence un édifice, le maître-d'oeuvre doit tenir compte du plus grand ennemi de l'art de construire; selon Ali Bey el Abbassi (pseudonyme de Domingo Badia Leblich de Barcelone, fameux pour ses voyages en terre arabe) qui, en 1804, fut le premier européen à pénétrer dans la Kaaba à la Mecque pour la « balayer »: « c'est la Nature elle-même qui, par ses propres inclérences détruit d'une manière constante ce que l'homme a créé ». « Quoi de plus néfaste que la pluie, le vent, le soleil même? Et quand tout cela ne réussit pas à vaincre l'intelligence et la ténacité de l'homme, il y a encore les cruelles fureurs des séismes qui, en un moment, détruisent tout ce qui a tant coûté à l'homme, cet être faible ». C'est le cas de Baalbeck. Et Ali Bey continue « La Nature, telle une méchante marâtre de l'homme, revient à son stade primitif, à ce que l'homme lui avait enlevé ».

Il arrive quelquefois que les matériaux employés dans la réparation d'édifices sont moins résistants que les matériaux antérieurement utilisés, obligeant alors à de nouveaux travaux de réparation: et comme l'on ne peut pas réparer une réparation, il faut démolir la première et la remplacer par la seconde.

Dans d'autres cas, ce sont les agents destructeurs micro-organiques qui attaquent de front la pierre même ou le bois qui sert de pâture à des légions d'insectes. Les réparateurs et les restaurateurs ont beaucoup travaillé (voir ce qu'a effectué et écrit Viollet le Duc mais il reste encore beaucoup à faire).

A notre époque, nous disposons de plusieurs systèmes et de différents matériaux appropriés pour une meilleure réparation des édifices; parmi eux, soulignons le mortier armé.

*Le mortier armé*, mortier de ciment portland, avec les inerties d'une granulométrie appropriée, (— l'auteur qui a, de nos jours, divulgué le mieux le mortier est L'Hermitte —) et armé de barres de fer de plusieurs sortes, constitue le meilleur moyen dont nous disposons aujourd'hui pour la réparation et la consolidation des monuments et ce, grâce à ses caractères propres:

a) *adaptation à la forme*. Le mortier forme comme un moule adapté à la superficie de l'objet, quelle que soit la forme de celui-ci, qui s'introduit dans

tous les interstices plus ou moins fluides avec une dureté égale ou supérieure à celle de la pierre elle-même et qui résistera à de grandes compressions. Dans de nombreux cas, le mortier non armé est suffisant pour la consolidation de cimentations, par injection à l'aide de puissantes pompes à la profondeur nécessaire. Cependant, quand il doit supporter des tractions (c'est le cas dans la plupart des travaux de réparation —), on lui ajoute du fer en quantité calculée préalablement pour lui permettre de résister aux efforts de traction auxquels il sera soumis.

b) *adhérence à la pierre*. Comme la plupart des monuments sont construits en pierre naturelle liée avec du mortier moins résistant qu'elle-même, il en résulte une dislocation due à une inégalité des fonds entre les rangées, ou bien due aux fondations; le mortier reste alors détaché de la pierre et, par la suite, le vent, la pluie, les petits animaux le font disparaître complètement, ce qui entraîne la dégradation de la construction. Comme le mortier de ciment portland a la propriété d'adhérer à la pierre de telle manière qu'il forme corps et unit les pierres entre elles comme une véritable soudure, nous sommes en droit de penser que le meilleur matériau pour la réparation de monuments est le mortier, ou si le mortier est armé avec du fer, le mortier armé.

c) *caractère monolithique*: cette propriété est la conséquence des caractéristiques antérieures car, puisqu'il résiste à d'énormes compressions et à toutes sortes de tractions absorbées par les armatures, nous pouvons le définir comme étant la cuirasse ou le coffre-for qui contient le trésor du monument puisqu'il forme corps avec celui-ci, de telle sorte que, si cela était nécessaire, on pourrait transporter le tout, d'une seule pièce, à l'endroit voulu.

d) une autre des caractéristiques du mortier armé est que l'on peut obtenir une grande superficie de protection avec peu de matériau et peu à peu. Par exemple, si l'on doit reprendre en sous-oeuvre les fondations d'un édifice, dans des caves dont l'accès doit s'effectuer à travers une petite galerie tortueuse, par où ne peut passer qu'une simple brouette, tous les matériaux y compris le mortier nécessaire passeront, même en grande quantité. Un autre exemple: s'il est nécessaire de consolider un ornement faisant partie d'un édifice très haut, le mortier armé sera tout indiqué parce qu'un ascenseur s'il y en a un, ou un simple monte-charge peut monter tout le matériau nécessaire.

*Comparaison de différents systèmes*: La façade principale de la cathédrale de Burgos se termine par deux légères tours, couronnées de flèches, qui étaient ébranlées au point qu'il fallut les consolider. Le procédé employé pour le renforcement de la partie inférieure de la première tour, était constitué par un jeu de poutrelles métalliques. Leur placement fut un travail très pénible dont le prix de revient a été très élevé. En effet, de grandes poutres de fer furent assemblées à coups de marteau avec des écrous et des vis. Le résultat ne fut pas très satisfaisant, car, si l'on a évité la destruction totale, plusieurs poutres, en se dilatant, ont poussé quelques pierres vers l'extérieur, si bien que le danger persiste.

L'autre tour fut consolidée postérieurement avec du béton armé qui a formé comme une camisole de force ou plutôt comme une sorte de doublure intérieure en forme de cône et toutes les pierres sont fixées à cette armature monolithique faisant corps avec elle. Ceci constitue un avantage car on n'a pas besoin de jambes de force transversales comme c'est le cas pour la première tour consolidée avec du seul fer.

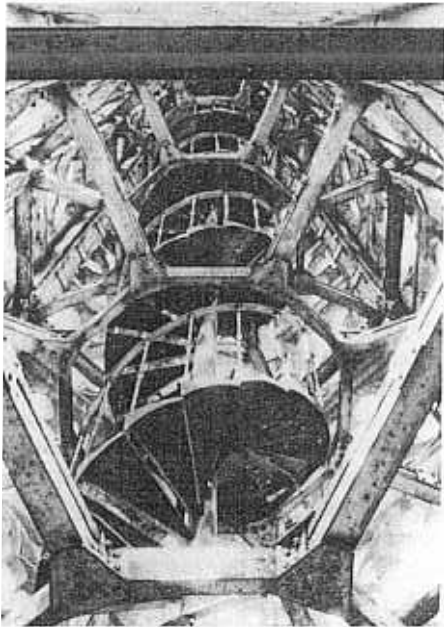


Fig. 1 - Burgos. Cathédrale. Cette tour a été renforcée avec une charpente métallique. Ce n'est pas un procédé opportun.

Fig. 2 - Burgos. Cathédrale. Cette tour a été consolidé avec un revêtement de béton armé. A l'intérieur il y a plus d'espace que dans l'autre tour, renforcée avec des poutres en fer laminé. C'est le procédé le meilleur. Chaque pierre est fixée de façon à former un complexe monolithe.

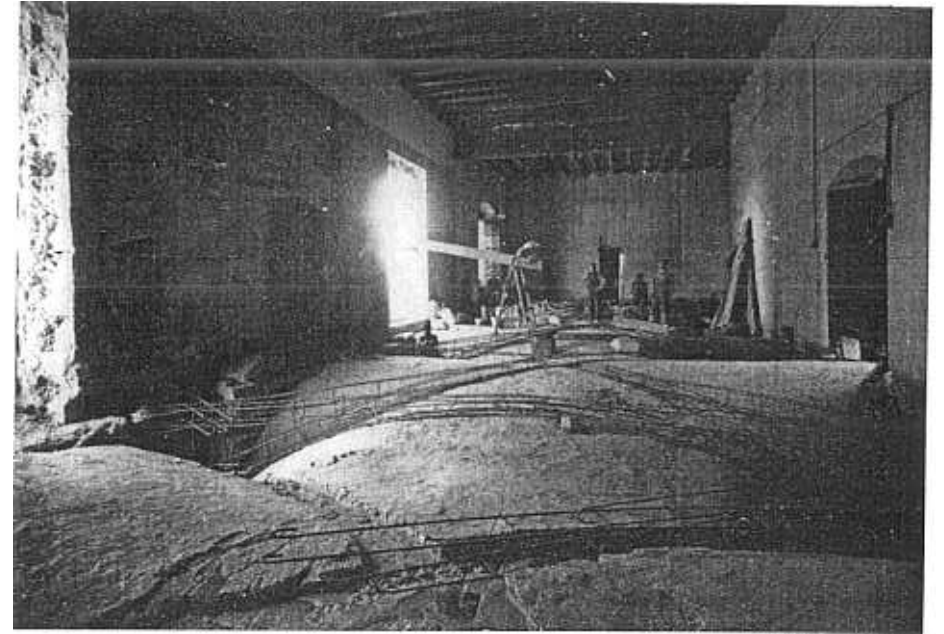
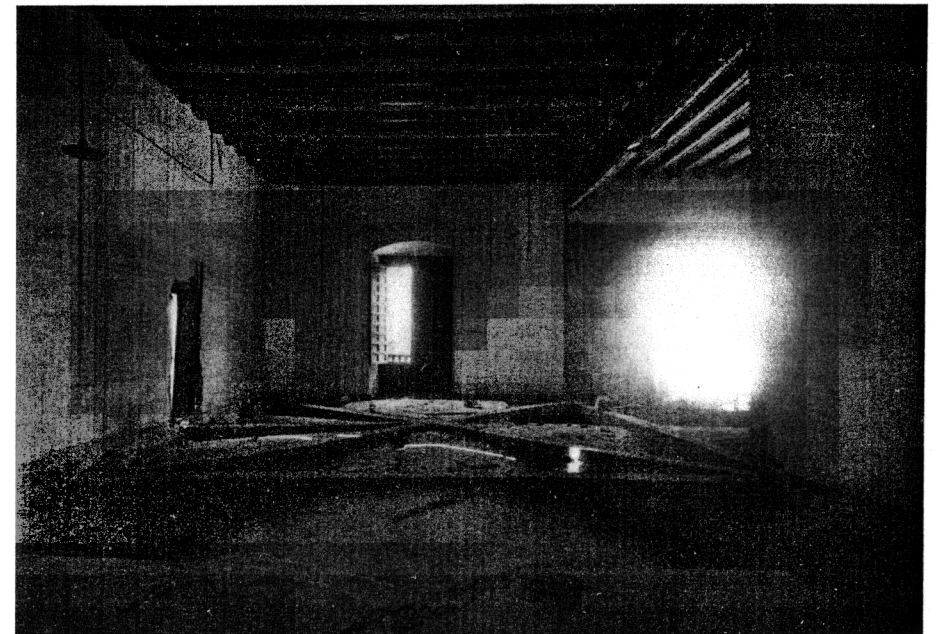


Fig. 3 - Lérida. Edifice de l'Instituto de Estudios Ilerdenses. Renforcement des voûtes du XV<sup>e</sup> siècle avec des arcs en béton armé. Travail en cours d'exécution.

Fig. 4 - Lérida. Edifice de l'Instituto de Estudios Ilerdenses. Renforcement des voûtes du XV<sup>e</sup> siècle. Les arcs en béton armé serrent l'extrados comme dans des ténailles soutenant les arcs en pierre inférieurs. Réparations presque achevée.



Après ce qui vient d'être exposé, il n'y a aucun doute quant au système à employer pour la consolidation ou la réparation d'un monument. De plus, le fer employé seul a encore un autre inconvénient: la rouille, ce qui n'existe pas dans le béton armé. La rouille est tellement nocive qu'à elle seule elle peut attaquer n'importe quelle construction. Au début, on protège le fer avec de la peinture antioxydante mais, peu à peu, on oublie de la faire. Les architectes du début du XIXe siècle désapprouvent déjà l'emploi du fer dans les constructions parce que, selon eux, c'est une cause de destruction postérieure. Voir comme modèle le Traité d'Architecture de Bails (1796). La supériorité du béton armé y est reconnue et les réparations et consolidations se feront — dit-il — principalement avec ce matériau.

*Application du béton armé:* Il existe à Lérida un édifice du XVe siècle, la plus belle des constructions civiles restant en Catalogne, et qui fut construit en hôpital (c'est aujourd'hui le Collège de Lérida), avec des galeries de 7m.50 de largeur, couvertes de voûtes sur croisées d'ogives avec des nervures en grès, les voutains en briques superposées entre les nervures. Ces voûtes présentaient depuis longtemps des crevasses dans les joints eux-même des pierres et des douelles des nervures dues à l'usure de quatre siècles sur un mortier peu consistant.

La réparation se fait de la façon suivante:

1) On a extrait le matériau de remplissage de la partie supérieure des voûtes, on l'a nettoyé et on a enlevé le mortier pulvérulent des joints qui unissaient les pierres des nervures dans la partie supérieure.

2) On a forgé des espèces de poutres courbes composées de 4 fers de 18 m/m de diamètre et d'étriers de 10 m/m de diamètre que l'on a placé au-dessus des arcs de pierre. De cette armature principale, on a fait descendre des barres de 10 m/m de diamètre et on les a introduites dans chacun des joints préalablement ouverts.

3) On a placé le moule latéralement et on l'a rempli de mortier de manière à avoir 350 kgs de ciment portland par m<sup>3</sup> de cailloutis de rivière (pris dans le Sègre). Le résultat de cette série d'opérations a été le suivant: on a obtenu un arc d'un matériau nouveau, plus puissant que le précédent, qui soutient les douelles inférieures enfoncées dans le mortier au moyen des « asperges » décrites précédemment.

4) Les intercalaires ont été renforcés au moyen d'une plaque de mortier armé octogonalement.

Puis, on a rempli de nouveau les cavités en terminant par le sol.

C'est dans cet édifice que se trouvent aujourd'hui les salles de l'Institut des Etudes de Lérida.

4) *with small amounts of the material it is possible to cover large surfaces for the purposes of protection or to fill empty space, which is very difficult to do with any other type of material — iron or laminated steel for instance.*

Practical example:

A) *The two towers or spires of Burgos Cathedral. One is secured with iron beams; its stones are not only not secured but project outwards. The other is sheathed in reinforced concrete. Its stones stick together well and form a monolithic whole.*

B) *At Lerida the old 15th. century hospital's cross-vaulting was consolidated not so many years ago. Reinforced concrete was used. The cavity was emptied of its filling material; reinforced concrete arches were worked out above the stone ones, thus forming a compact extrados all in one piece, which sustained all the lower quoins which were attached with tie-beams across the joints. The cavity was again filled in and the work was completed with a paved floor on which are today installed the halls and rooms of the Institute of Lerida Studies.*

RICARDO CALVET SERRA

SUGGESTIONS FOR THE RESTORATION OF MONUMENTS.

SUMMARY.

*Thesis: that the material most adequate to the needs of restoring old buildings is reinforced crete. Because 1) of its flexibility and adaptability in its form.*

*2) if its adhesiveness to stone.*

*3) of its monolithic character.*