

ANDRÉ DE NAEYER

LA RESTAURATION DES GRANDES COLONNES  
DANS LA CATHEDRALE NOTRE-DAME A ANVERS (BELGIQUE)

*1. Identification historique et artistique du monument*

La Cathédrale Notre-Dame d'Anvers est la plus grande et la plus importante église gothique des pays du nord de la France. Le chœur fut commencé vers 1352 et le volume actuel fut achevé vers 1521. Elle est considérée comme exemple-clé des églises gothiques brabançonnaises avec celle de Louvain, Bruxelles, Malines et Bois-le-Duc. En effet, les maîtres maçons nous ont laissé un monument superbe d'une architecture extrêmement pure et riche. Sa composition et construction suit les règles et techniques gothiques; le plan a sept nefs et transept, le chœur est entouré de chapelles et l'ensemble était projeté pour être complété avec deux grandes tours occidentales mais les circonstances n'ont permis qu'une tour et demi. (Fig. 1).

Dans la vie mouvementée du monument, toute une série d'événements ont contribué, une fois à sa conservation et sa glorification, une autre fois à sa destruction. Toute l'histoire de la Cathédrale nous mènerait trop loin. Je mentionne seulement l'année 1533: après que les grandes constructions gothiques vinrent à peine d'être terminées, un incendie fatal brûlait toute la charpente et la toiture du nef central. Puisqu'à ce moment il n'y avait pas encore de voûtes, des poutres en bois tombèrent par terre, contre les grands piliers centraux. Elles restèrent là, fumantes et calcinantes pendant des jours. La décoration intérieure a été gravement blessée et la restauration de l'endommagement de cet accident nous pose encore aujourd'hui des grandes difficultés.

## 2. Les travaux de restauration actuels

A l'occasion du rétablissement de l'évêché d'Anvers, supprimé depuis 1801, et des interventions urgentes de sécurité, le Gouvernement Provincial prenait la décision de faire restaurer la Cathédrale Notre-Dame d'Anvers en 1965. La restauration de la grande tour principale, dite « tour de la ville » est dirigée par la ville d'Anvers, tout le reste est remis entre les mains de deux architectes privés, très expérimentés dans tels travaux délicats:

Guido Derks et J. Louis Stijnen.

La première phase était entamée en 1968 et renfermait la réfection des toitures et des gouttières, le renforcement des fenêtres et le nettoyage des portails nord et sud. En 1973, on commençait le nettoyage du vaisseau central et l'installation des nouveaux systèmes d'éclairage et de chauffage. A cette fin, toute une série de canalisation a été creusée en-dessous des dallages.

Le système de chauffage central était devenu nécessaire du point de vue conservation et protection du mobilier et des tableaux de P.P. Rubens. Dans le microclimat naturel, le point de condensation était normalement atteint deux ou trois fois par an, ce qui causait chaque fois une ondée effective sur ces oeuvres d'art. Pour pouvoir garantir une humidité relative entre 60% et 80%, les architectes ont opté pour l'installation d'un système de circulation forcée d'air conditionné (malgré le volume d'air énorme à traiter:  $\pm 75.000 \text{ m}^3$ ).

Le nouveau système d'éclairage de l'intérieur est assez intéressant: il est fait par des grands projecteurs qui sont cachés dans le pavement en face de chaque colonne et qui produisent une lumière diffuse très agréable. Il y a moyen de régler séparément l'intensité de chaque projecteur. L'atmosphère créée de cette façon est splendide, sans devoir combler le monument de toute une série d'appareils ou de fils électriques qui nuisent « l'oeil architectural ».

En même temps de ces travaux de modernisation, la restauration de toutes les parties en pierre, intérieur et extérieur, a été commencée. Il s'agit ici de la restauration de la pierre désagrégée par la suite de la pollution atmosphérique. Nous connaissons tous le phénomène de la « maladie de la pierre » et beaucoup de recherches se font aussi dans la Belgique (e.a. les produits de consolidation et de protection de la pierre) mais il reste beaucoup de questions et beaucoup de discussion. A la cathédrale, on essaie de conserver les matériaux authentiques autant que possible. Depuis peu de temps, on a commencé avec la phase qui nous intéresse en particulier: la restauration des grandes colonnes de la nef principale dans leur forme originale.

## 3. La restauration des colonnes principales

### 3.1. Les origines du dégât.

Les colonnes sont composés de deux matériaux: un noyau de maçonnerie en briques et un parement en pierre taillée. Cette pierre est un grès calcaire, appelé « Balem » (d'après la localité dans la Flandre Orientale). Il s'agit d'une pierre dure, à grain fin, composé de sable quartzeux, aggloméré par un ciment de calcite secondaire. Sa patine est gris jaunâtre. Sa composition chimique varie de 30% à 97% de quartz avec 50% à 70% de  $\text{CaCO}_3$  et un reste de matières différentes (oxydes, ...). Cette composition chimique explique clairement sa résistance limitée contre le feu: le quartz a une structure cristalline du type hexagonal qui change de la phase  $\alpha$  à la phase  $\beta$  vers  $575^\circ\text{C}$ . Ce changement de structure provoque une augmentation de volume qui crée des tensions supplémentaires dans la pierre jusqu'à la rupture (le plan de rupture a la forme de coquille). Le deuxième composant, le carbonate de calcium, se décompose en oxyde de calcium à partir de  $900^\circ\text{C}$ .

L'incendie violent du 6 octobre 1533 était donc extrêmement destructif. Le contact avec la charpente brûlante tombée par terre a causé la destruction des parties superficielles en pierre de Balem de tous les colonnes du vaisseau central. Ainsi, tous les profils splendides et les cannelures gothiques très riches ont sauté des colonnes. Directement après l'incendie, puisqu'on ne jugeait pas la stabilité en danger et ne pouvant pas recommencer un travail de deux siècles, les colonnes touchées ont été remodelées au plâtre et recevaient un profil circulaire.

Une deuxième « restauration » a eu place au début du 19<sup>e</sup> siècle, après le Condordat de 1801 et le sauvetage heureux d'une destruction totale de la cathédrale pendant la révolution française. A cette occasion, les colonnes ont été réhabillées en plâtre en leur donnant la forme du profil original gothique. Elles l'ont conservé jusqu'en 1965.

A l'occasion de la restauration actuelle, ce camouflage de plâtre a été enlevé et on prévoit le remplacement de toutes les pierres accidentées du feu par des nouvelles pierres sculptées suivant le profil authentique. La réalisation de cette objective posait deux questions très importantes: le choix d'une pierre substituante et la méthode d'exécution du remplacement.

### 3.2. Le choix de la pierre substituante

Le premier problème concernait le choix d'une pierre équivalente au « Balegem », puisque les carrières de Balegem sont épuisées depuis de longues années et, seulement pour les colonnes, la quantité nécessaire s'élèverait déjà à  $\pm 130 \text{ m}^3$ . Comme critères dans la recherche d'une alternative, on regardait avant tout les qualités mécaniques et l'aspect visuel (couleur et texture).

Le Balegem (ou « lédien » d'après l'étage géologique du Tertiaire Eocène) a une résistance moyenne de  $83 \text{ N/mm}^2$  et une masse volumétrique de  $24 \text{ kN/m}^3$ . Sa couleur varie entre le blanc, le jaune et parfois même le bleu-vert. Son équivalent « idéal » était trouvé dans le « Bettendorf » (Grand Duché de Luxembourg), mais, malheureusement, des problèmes de prix et des malentendus entre certains entrepreneurs ont empêché la livraison à la dernière minute. (Ce qui prouve encore une fois la contradiction possible entre la théorie ou la science et la pratique). Finalement on a dû se référer à la pierre française d'Anstrude et de Massangis; une alternative qui n'est acceptable que pour les travaux d'intérieur à cause de son lit manifeste entrelacé de feuilles noires très minces mais très fréquentes.

Quoique l'Anstrude Gris semblât un substituant excellent, les premiers essais de remplacement in situ étaient fortement inquiétants parce que cette pierre manifestait une efflorescence noire pendant les premiers mois après placement. On suppose de la pouvoir expliquer dans quelque réaction chimique entre les entrelits organiques et l'eau du mortier. D'abord, on pensait qu'il faudrait retailler toutes les surfaces restées visibles, mais on a affirmé que cette coloration disparaîtra après séchage complet de la pierre, et ne tournera plus, même si l'humidité relative dans l'église monte jusqu'à saturation. Les moins prochains nous prouveront si cette thèse est plausible. Personnellement, je crains que la porosité de l'Anstrude soit trop élevée ( $\pm$  le double du Balegem) et que les présences organiques entre la structure oolithique implique toujours un risque réel d'humidification irrégulière suivant les conditions atmosphériques. Dans ces essais de trouver une pierre identique pour une opération qui était entreprise en premier lieu pour des motifs esthétiques, on s'est sans doute trop fait guider par la couleur. C'est la raison pour laquelle on essaiera dans le futur d'employer au maximum des pierres de Balegem récupérées d'autres chantiers.

### 3.3. Elaboration des travaux

Pour pouvoir remplacer les pierres endommagées il est bien inévitable qu'il soit des moments où la section des colonnes est réduite d'un certain pourcentage.

Actuellement il n'y a aucun problème de stabilité ni de fondation. La section des grandes colonnes s'élève à  $11.000 \text{ cm}^2$  (Fig. 2), la contrainte moyenne se situe vers  $3,6 \text{ N/mm}^2$  en ne tenant donc pas compte du noyau de briques. Les fondations reposent sur des couches alluviales et créent une pression sur le terrain très normal (entre  $0,15$  et  $0,2 \text{ N/mm}^2$ ).

Purement théorique, il n'y a donc pas de problèmes de stabilité, même si on ne disposait que de la moitié de la section des colonnes. Reste pourtant le problème du rétrécissement du mortier durant le durcissement, se manifestant surtout dans la mise en place de la dernière pierre-clef entre les parties renouvelés et la naissance de la voûte laissé intacte. Il reste aussi le risque de certaines situations imprévues, si fréquent dans les travaux de restauration.

Avant de décider la procédure définitive, les architectes l'ont jugé utile d'essayer d'abord avec un seul pilier et de faire quelque expérience. A ce fin le dernier pilier de la section sud du nef central a été restauré sans aucun système de sécurité supplémentaire. L'exécution s'est fait en procédant très prudemment et très lentement. On a écarté les pierres endommagées dans toute leur profondeur de parement (en forant, sciant et battant), opérant en zones bien séparées: la hauteur de la colonne a été divisée en trois et le plan en six secteurs. Une fois finie une zone, les parties neuves et anciennes étaient bien étauçonnées afin de donner le temps au mortier d'endurcir.

Un incident assez important s'est produit quand on a voulu remplacer les derniers blocs, tout en haut contre la naissance de la voûte. A un moment donné les ouvriers ont entendu un bruit très fort, genre d'explosion qui était la preuve d'un changement dans le système d'équilibre de la construction. Ou bien, c'était l'affaissement cumulatif du rétrécissement de tous les blocs, ou c'était, plus semblable, l'affaissement de toute la voûte suite à la décompression de la dernière rangée, et le déplacement de la charge complète de 400 tonnes un côté à l'autre côté de la colonne. Dans des autres interprétations, on parlait de cette « explosion » comme le moment même où le noyau en brique, qui aurait pris toute la charge pendant qu'on travaillait au parement de pierre, abandonna, et où la charge fut replacée sur le manteau de pierre. Cela serait accompagné d'un déplace-

ment ou écrasement partiel de la maçonnerie de briques dans les zones de contacts entre la pierre et la brique. Il est bien évident que le noyau eût pris une partie de la charge pendant un temps bien défini puisque le mortier de chaux qu'on employa dans la restauration demande beaucoup plus de temps pour la pétrification que les mortiers modernes. mais il m'étonne quand-même que ce phénomène se manifesterait seulement quand on change les dernières pierres tout en haut de la colonne, et pas plus tôt!

Bien que cet « incident explosif » n'eût causé aucun genre de fissure supplémentaire visible, on n'était plus à son aise et tout le monde était d'accord qu'il fallait prendre des assurances pour la suite de l'opération. A ce but, il fallait, d'abord examiner les matériaux. Des carottes furent prises des colonnes pour préparer des échantillons de Balegem et de mortier authentique; aussi le nouveau mortier de chaux, comme il était prévu dans le cahier des charges pour la restauration, fut examiné. La résistance contre la pression a été mesurée pour quatre échantillons de Balegem, un seul échantillon de mortier historique, et six échantillons de mortier de chaux prescrit pour la restauration. Les résultats ont été les suivants:

- la pierre de Balegem supportait,  
pour ces parties ± bleus : 136,5 et 127,3 N/mm<sup>2</sup>  
pour les pierres ± blancs: 93,2 et 77,1 N/mm<sup>2</sup>
- le mortier de chaux historique: 7,2 N/mm<sup>2</sup>
- le mortier de chaux, prévu dans le cahier des charges:  
après 28 jours: 1,3 N/mm<sup>2</sup>  
après 56 jours: 1,35 N/mm<sup>2</sup>.

Le mortier posait donc un problème; il faut avouer que le résultat de 7,2 N/mm<sup>2</sup> du mortier historique est très acceptable, mais l'examen d'un seul échantillon est peu représentatif. D'autre part, on sait que le mortier de chaux exige normalement plusieurs mois (même des années) pour durcir — les mesures après 28 jours (conforme aux normes internationales) pour un mortier de chaux neuf sont donc aussi peu représentatifs. Pour la restauration des autres colonnes, on emploiera du mortier à base de ciment de portland et, en plus, on prévoit un système d'étayage pour les cas imprévus.

Au début, il y avait trois suggestions pour cet étaçonnage:

a) un échaffaudage complet de toute la voûte du nef central et des nefs latéraux, de sorte que, si pour qu'elle que soit la raison; il y ait une affaiblissement d'une des colonnes, tout écroulement ou fissurage soit impos-

sible. Cette solution est radicale, très efficace, mais extrêmement coûteuse. Puisqu'on ne peut pas faire confiance en la puissance portante du pavement et sous-sol de la cathédrale (plein de trous de tombes), il faudrait donc construire un système portant, tout à fait indépendant, d'un radier en acier et le forage d'une série de pieux de fondations. Vu le fait que les architectes même n'étaient pas convaincus de l'opportunité d'une telle intervention puisque la flèche d'un système en acier n'est pas à contrôler jusqu'au millimètre non plus, et l'aspect financier de cette proposition si radicale, elle a été vite abandonnée.

b) les architectes responsables proposaient un système d'étaçon provisoire en forme de joug déplaçable, posé directement sur la fondation de la colonne même. A de fin, chaque colonne est divisé en quatre secteurs et on restaure le premier secteur dans toute sa hauteur après avoir placé le joug. Ce joug doit prendre le quart de la charge, si la colonne même était trop affaiblie. Avant de continuer le deuxième secteur de la même colonne, on procède d'abord à la colonne, placée sur la diagonale dans le plan de la cathédrale et on y fait d'abord le même premier secteur; et ainsi de suite. On revient à la première colonne après avoir fait le premier secteur de toutes les colonnes à restaurer, et seulement à ce moment, le deuxième quart est entamé. Ainsi on procure à chaque partie bien le temps de durcir, et, en opérant progressivement, on offre chaque fois le temps à la construction pour rediviser les charges et chercher son nouvel équilibre.

c) un autre moyen serait offert par l'emploi des vérins Freysinnet, placés, pendant les travaux, dans le manteau même de chaque colonne à des intervalles réguliers. Ainsi il y avait moyen de donner la contrepression nécessaire en fonction de la pression effective du moment.

d) La comparaison des systèmes proposés a résulté dans l'option pour le joug, vu sa simplicité. Pourtant, quand il fallait commencer effectivement avec les travaux, une quatrième méthode était présentée. Elle fait appel au noyau en briques, et consiste dans le renforcement de la maçonnerie par des injections aux résines époxy. On compte pouvoir augmenter sa résistance mécanique de telle sorte qu'il puisse intervenir comme sécurité supplémentaire aux événements imprévus. Dans tous les calculs précédents, la capacité portante des briques n'avait jamais été prise en considération, mais maintenant il fallait bien examiner les possibilités. Les examens des carottes prises dans les colonnes n'étaient pas suffisamment représentatifs; après quoi on a analysé les caractéristiques portantes de la maçonnerie locale du 16<sup>e</sup> siècle sur quatre échantillons de 0,5 m x 0,27 m x 1,20 m, d'un mur pro-

venant d'une maison démolie. Deux ont été injecté aux résines époxy, les deux autres sont restés comme ça. Les examens de résistance et de déformation ont été exécutés dans les laboratoires Magnel à l'Université de Gand. La comparaison des résultats pour la maçonnerie historique normale et celle qui avait été injectée prouve que la résistance après injection avait doublé. La contrainte maximale actuelle s'élève à  $\pm 3,5 \text{ N/mm}^2$ ; après injection, elle s'élève à  $7 \text{ N/mm}^2$ . Aussi la déformation a beaucoup amélioré: les murs injectés déformaient moins que le tiers des autres. (Fig. 4).

L'injection aux résines époxy donnait donc des garanties suffisantes. Le noyau de brique, qui a une section approximative de  $720.000 \text{ mm}^2$ , aura donc une contrainte de  $5,5 \text{ N/mm}^2$  s'il doit prendre tout seul la charge complète de  $4.000 \text{ kN}$ . Cette contrainte est acceptable à la limite, vu le maximum de  $7 \text{ N/mm}^2$  pour la maçonnerie injectée. Le problème de la déformation au contraire, reste très aigu: le module d'élasticité  $E$  pour la pierre de Balegem se situe vers une moyenne de  $24.000 \text{ N/mm}^2$  et pour la maçonnerie du 16<sup>e</sup> siècle seulement entre  $1.500 \text{ N/mm}^2$  et  $2.000 \text{ N/mm}^2$ . Même avec une triple amélioration par injectant, la maçonnerie subira un raccourcissement de  $\pm 2,25 \text{ mm/m}$ , ou  $1,5 \text{ cm}$  pour toute la hauteur des colonnes de  $7 \text{ m}$ . Donc, si jamais, le noyau doit prendre la charge totale, il n'y aura pas d'effondrement, mais on peut bien s'attendre à toute une série de nouvelles fissures dans les voûtes.

Malgré ces considérations concernant la déformation possible et après beaucoup de discussions dans le groupe directeur, une décision définitive a été prise pour l'élaboration des travaux moyennant le renforcement par injection, sans autre étayage supplémentaire.

#### 4. Conclusions

Il est trop tôt pour des conclusions basées sur la réalisation. La restauration effective des autres 9 colonnes ne commence que dans deux ou trois mois. Vu l'expérience avec la première colonne déjà restaurée, nous sommes convaincus qu'il n'y aura pas de problèmes. On réalise cependant que la méthode proposée est assez révolutionnaire.

Pour les restaurations analogues (p.e. Duomo di Milano, Sankt Gereon - Köln, ...) on prévoit un système global d'étayage et des levés très précis du mouvement possible, ou même des essais sur des modèles réduits.

Je voudrais finir avec une remarque générale: il y a régulièrement des malentendus entre les responsables concernant la stabilité et les sécurités à prendre dans des travaux de restauration. La restauration exige une philo-

sophie assez différente concernant les calculs de stabilité. Quelque ingénieur ou architecte qui n'a pas l'habitude aura toujours la tendance d'installer des structures très raides et peu flexibles suite à l'emploi du béton armé ou l'acier. Pourtant les structures historiques ont toujours été assez élastiques, grâce à l'emploi du mortier de chaux. Il a aussi la tendance d'exiger les mêmes marges de sécurité de cinq ou plus, comme dans les constructions modernes. Justement parce qu'on ne connaît pas les caractéristiques de la structure ancienne ou la réparation des contraintes, ou renforce encore plus que normal et on arrive à des exigences et des installations exagérés. Un architecte expérimenté de 50 ans dans la restauration me disait récemment: « Les architectes et les ingénieurs modernes n'osent plus prendre des risques » — des paroles qui font réfléchir.

NOM: ANDRE DE NAYER - Belgique.  
THEME: STRUCTURES  
TITRE: LA RESTAURATION DES GRANDES COLONNES DANS  
LA CATHEDRALE NOTRE-DAME A ANVERS (Belgique).

RESUME:

La Cathédrale Notre-Dame d'Anvers est la plus grande église gothique des pays du nord de la France. Elle était à peine construite quand un incendie détruisit la charpente en 1533. Les poutres tombées par terre ont fait sauter les magnifiques profils gothiques des colonnes centrales. Ces colonnes ont été restaurées provisoirement au plâtre. La restauration actuelle veut reconstruire les profils authentiques en pierre. Les colonnes sont faites en deux matériaux: le noyau en maçonnerie de briques et un parement en pierre de Balegem, un grès calcaire.

La première difficulté concernait le choix de la pierre puisque les carrières de Balegem sont épuisées depuis longtemps. Vu les caractéristiques mécaniques et son aspect esthétique, on a opté pour un équivalent de pierre blanche de Bourgogne (France) avec le maximum de pierre de Balegem, récupérées dans des autres constructions en Belgique.

La deuxième difficulté concernait la méthode technique de la restauration. Pour avoir quelque expérience, les architectes avaient fait d'abord une seule colonne, en descellant la pierre brûlée du manteau intérieur et la remplaçant par une nouvelle. Quand on a voulu changer la dernière pierre, juste en-dessous de la naissance de la voûte, un genre d'explosion s'est produit — on pense que c'était la baisse de la voûte, suite au retrécissement cumulatif de la nouvelle maçonnerie. Pour éviter tel événement dans le futur il y avait différentes propositions:

— Etayer complètement le vaisseau de la cathédrale avec un système de fondation indépendante pour cet étayage.

— Exécution progressive, secteur par secteur de chaque colonne utilisant un étau en forme de joug comme sécurité supplémentaire.

— Introduction d'un système de vérins Freysinnet pour régler les contraintes intérieures.

— Injection du noyau en maçonnerie de briques aux résines époxy afin d'augmenter sa résistance et de diminuer sa déformation possible — ce noyau renforcé agira comme protection contre des événements imprévus.

Le groupe directeur a opté pour cette quatrième solution; on commencera avec l'injection dans peu de temps. Il n'y a donc pas encore des conclusions basées sur une réalisation effective. On constate que les techniques modernes sont peu compatibles avec les structures anciennes à cause de leur raideur et que nous, architectes ou ingénieurs modernes, ayons toujours la tendance d'exagérer les dimensions à cause des inconnus dans la structure historique.

NAME: ANDRE DE NAEYER - Belgium.

SUBJECT: STRUCTURES

TITLE: RESTORATION OF THE GREAT COLUMNS OF THE CATHEDRAL OF OUR LADY OF ANTWERP (Belgium).

SUMMARY:

The Cathedral of Our Lady of Antwerp is the largest Gothic church in the countries north of France. It had barely been constructed when a fire destroyed its timberwork in 1533. The falling beams damaged the magnificent Gothic contours of the central columns, which were provisionally restored with plaster. The restoration taking place at the present time is attempting to reconstruct the authentic contours in cut stone. The columns consist of a nucleus of brick masonry and are faced with calcareous sandstone from Balegem.

The first difficulty consisted in selecting the stone, since the Balegem quarries had long since been exhausted. In view of mechanical and esthetic considerations, white stone from Burgundy in France was chosen as a substitute, using a maximum amount of Balegem stone recovered from other Belgian buildings.

The second difficulty was the technical method for the restoration. In order to gain experience, the architects devoted themselves first to a single column by removing the damaged stones from the inner stratum and replacing them with new ones. In attempting to change the last ashlar stone just below the spring line of the vault, a kind of explosion took place. It is conjectured that this might have been caused by a slumping of the vault caused by cumulative shrinking of the new masonry. The following proposals were made to avoid this phenomenon in the future:

— Complete shoring up of the nave of the cathedral with an independent support system.

— Progressive execution, section by section of each column, using a yoke-shaped trut for additional security.

— Introduction of a Freysinnet stress system to control internal stresses.

— Injection of the brick masonry nucleus with epoxy resins to increase their resistance and reduce possible deformation. The reinforced nucleus would act as protection against unforeseen dangers.

The directing group selected the last-mentioned solution and within a short time injection will begin; consequently, no definite conclusions have as yet emerged. It has been observed that modern techniques are not very compatible with ancient structures because of the latter's rigidity and because we, the architects and engineers of today, are always inclined to exaggerate in our ignorance of historical structures.

NOMBRE: ANDRE DE NAEYER - Bélgica.

TEMA: ESTRUCTURAS

TITULO: LA RESTAURACION DE LAS GRANDES COLUMNAS DE LA CATEDRAL DE NUESTRA SEÑORA EN AMBERES (Bélgica).

SUMARIO:

La Catedral de Nuestra Señora de Amberes, es la iglesia gótica más grande en los países al norte de Francia. Apenas había sido construída cuando un incendio destruyó su maderaje en 1533. Las vigas caídas a tierra hicieron saltar los magníficos perfiles góticos de las columnas centrales. Estas columnas fueron restauradas provisionalmente con yeso. La restauración actual, intenta reconstruir los perfiles auténticos en cantería. Las columnas estan hechas con dos materiales: núcleo en mampostería de ladrillo, y paramento en cantería de piedra procedente de Balegem, una arenisca calcárea.

La primera dificultad consistió en la selección de la piedra, puesto que las canteras de Balegem se agotaron hace largo tiempo. Consideradas las características mecánicas y el aspecto estético, se optó por la piedra blanca de Borgoña (Francia) como equivalente, con el máximo de piedra de Balegem, recuperada en otras construcciones belgas.

La segunda dificultad fue el método técnico para ejecutar la restauración. Para adquirir alguna experiencia, los arquitectos se habían dedicado primero, a una sola columna, desmplantando los sillares quemados del manto interior y remplazándolos por nuevos. Al querer cambiar el último sillar, justo bajo el arranque de la bóveda, una especie de explosión se produjo. Se piensa que pudo ser un asentamiento de la bóveda causado por el encogimiento acumulativo de la nueva mampostería. Para evitar el fenómeno en el futuro, había diferentes proposiciones:

- Apuntalar completamente la nave de la catedral con un sistema de apoyo independiente para el apuntalamiento.
- Ejecución progresiva, sector por sector de cada columna, utilizando un puntal en forma de yugo como seguridad suplementaria.
- Introducción de un sistema de tensores Freysinnet para controlar los esfuerzos internos.
- Inyección del núcleo de mampostería de ladrillo con resinas epóxicas

para aumentar su resistencia y disminuir la deformación posible — este núcleo reforzado actuaría como protección contra los imprevistos.

El grupo director optó por esta cuarta solución; dentro de poco tiempo se empezará a hacer la inyección. No hay pues conclusiones basadas en la realización. Se ha constatado que las técnicas modernas son poco compatibles con las estructuras antiguas a causa de la rigidez de éstas, y debido a que nosotros, arquitectos o ingenieros modernos, tenemos siempre la tendencia a exagerar, a causa de los aspectos desconocidos en las estructuras históricas.



Имя : Андре де Найер

Предмет : СТРУКТУРА

Название : РЕСТАВРАЦИЯ БОЛЬШИХ КОЛОНН В КАФЕДРАЛЬНОМ СОБОРЕ БОГОМАТЕРИ ГОРОДА АНВЕРС

Краткое Описание :

Кафедральный собор Богоматери города Анверс это самая большая готическая церковь на севере Франции. Чуть только она была построена в 1533 году, как пожар уничтожил весь деревянный ее остов. При падении балки откололи замечательную готическую орнаментировку центральных колонн. Эти колонны были временно реставрированы при помощи гипсовых слепков. В настоящее время реставраторы намериваются заменить гипсовые профили каменными, из которых они были сделаны в самом начале. Колонны построены из двух материалов : центральная часть сделана из кирпича, а орнаментальная обшивка из камня, взятого в карьерах около города Белегэм, состоящего из известкового песчаника.

Первым затруднением явился выбор камня, т. к. Белегэмские каменоломни истощились уже давно. Благодаря своим механическим признакам и своему эстетическому виду, было решено взамен употребить белый камень, привезенный из Бургундии (Франция), вместе с наибольшим количеством Белегэмского камня, извлеченного из других Бельгийских построек.

Второе затруднение касалось самого технического метода реставрации. Чтобы получить хоть малый опыт в этом деле, архитекторы сделали пробу сначала с одной только колонной. Они отделили обожженный камень внутренней обшивки, заменив его после этого новым. В тот момент, когда они намеривались заменить последний камень находившийся под самой базой свода, произошел род взрыва - предполагают, что это случилось от оседания свода из за сужения новой строительной работы. Чтобы избежать повторение такого происшествия в будущем, были сделаны различные предложения, как например :

- Подпереть всю внутреннюю часть собора системой совершенно независимой от системы подпорки,
- последовательное выполнение, часть за частью, каждой колонны, употребляя подпорку, для дополнительной безопасности,
- введением системы домкратов способа Фрейссиез, для урегулирования внутренних сил,

- вливание древесной смолы "эпокси" в центральную часть состоящую из кирпича, для того чтобы увеличить ее сопротивление и уменьшить возможность ее искривления - это укрепленное ядро послужит предохранением против непредвиденных происшествий.

Управляющая группа выбрала это четвертое решение; в скором времени начнут делать вливания. Таким образом еще не имеет заключений основанных на реальном осуществлении. Установлено, что современная техника мало приспособлена к древним постройкам из за их ригидности и что мы, архитекторы и современные инженеры имеем тенденцию преувеличивать габариты в исторических постройках из за факторов, нам неизвестных.

NOME: ANDRE DE NAEYER - Belgio.

TEMA: STRUTTURE

TITOLO: IL RESTAURO DI GRANDI COLONNE NELLA CATTEDRALE DI NOTRE-DAME AD ANVERSA (Belgio).

SOMMARIO:

La Cattedrale di Notre-Dame ad Anversa è la più grande chiesa gotica dei paesi a nord della Francia. Era stata appena costruita quando un incendio nel 1533 distrusse le coperture lignee. Le travi cadute al suolo fecero saltar via i magnifici profili gotici delle colonne centrali.

L'intonacatura di queste colonne era stata restaurata provvisoriamente. L'intervento attuale ha come intento la ricostruzione dei profili autentici in pietra.

Le colonne sono composte di due materiali; il nucleo in muratura di mattoni ed il paramento in pietra di Balegem (gres calcareo).

La prima difficoltà incontrata riguardava la scelta della pietra, perché le cave di Balegem sono esaurite da tempo. Viste le caratteristiche meccaniche e l'aspetto estetico, si è optato per una pietra bianca di Borgogna (Francia) equivalente con il massimo quantitativo di pietra di Balegem che si è potuto recuperare da altre costruzioni in Belgio.

La seconda difficoltà riguardava la tecnologia d'intervento. Per acquistare un po' di esperienza gli architetti hanno eseguito inizialmente una sola colonna, distaccando la pietra bruciata e rimpiazzandola con una nuova.

Al momento di sostituire l'ultima pietra, proprio sotto alla base della volta, si è prodotto un tipo di esplosione, che si è pensato fosse dovuto all'accorciamento cumulativo della nuova muratura, che ha causato l'abbassamento della volta.

Per evitare che tale evento si verificasse nuovamente sono state fatte le seguenti proposte:

— Costruire un' impalcatura di sostegno per la volta con un sistema di fondazione indipendente.

— Esecuzione progressiva, settore per settore di ogni colonna utilizzando delle catene in legno a forma di giogo, come sicurezza supplementare.

— Introduzione di un sistema per regolare gli sforzi interni con i martinetti Freysinnet.

— Iniezioni di resina epossidica nel nucleo in muratura in modo da

umentare la sua resistenza e diminuire le possibili deformazioni. Questo nucleo rinforzato dovrebbe agire come protezione contro eventi imprevisti.

Il gruppo direttivo ha scelto la quarta soluzione. Si incomincerà con le iniezioni in breve tempo. Non ci sono quindi conclusioni basate sulla realizzazione effettiva.

Si può constatare che le tecniche moderne siano poco compatibili con le strutture antiche a causa della loro rigidità e che noi, architetti ed ingegneri moderni, abbiamo sempre la tendenza a superdimensionare a causa delle incognite delle strutture storiche.