

Dinu Moraru

Notes sur l'affaissement lent de certains éléments de construction

Ochrona Zabytków 18/3 (70), 39-41

1965

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

DINU MORARU

NOTES SUR L'AFFAISSEMENT LENT DE CERTAINS ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

La pratique des ingénieurs en matière de monuments historiques soulève fréquemment la question de la détermination des causes de certaines dégradations ne se rattachant pas à des causes claires (comme le cas de la séismicité, de l'affaissement du sol des fondations, des éléments sous-dimensionnés, l'action désagrégeante des plantes, etc.).

C'est ainsi que l'on constate dans les maçonneries des fissures qui n'ont pas une cause claire, des arcs qui cèdent à la clef sans être soumis à des pressions, à des surcharges, ou à l'effet de la séismicité, etc.

Dans les phénomènes, que nous étudions, on ne rencontre pas non plus des causes d'ordre chimique (comme par exemple les nocivités atmosphériques).

Ces fissures sont produites par de phénomènes physiques étudiés par la rhéologie. Quelques exemples empruntés à notre expérience pratique peuvent, croyons-nous, illustrer parfaitement les aspects que nous nous proposons de faire ressortir dans cette note.

ARCS FISSURÉS À LA CLEF

Nous nous arrêterons aux arcs des constructions monumentales d'influence byzantine qui dominent l'ancienne architecture roumaine et dont la forme caractéristique est l'arc en plein cintre. A la différence de l'architecture gothique qui affectionne les arcs brisés s'approchant de la forme d'une parabole, l'arc en plein cintre utilisé en architecture byzantine et romane, s'éloigne considérablement de la courbe de pression d'une charge uniformément distribuée qu'est la parabole. Comme nous le verrons, cette différence de forme peut être l'une des causes pour lesquelles on rencontre dans la pratique presque sans exception l'affaissement de la clef de cette catégorie d'arcs. Plus la différence entre l'axe géométrique d'un arc et la courbe de pression des charges auxquelles il

est soumis est petite, plus l'écoulement des efforts de compression se produit d'une façon centrique de sorte que les efforts supplémentaires de flexion du fait de la compression excentrique sont plus petits (fig. 1).



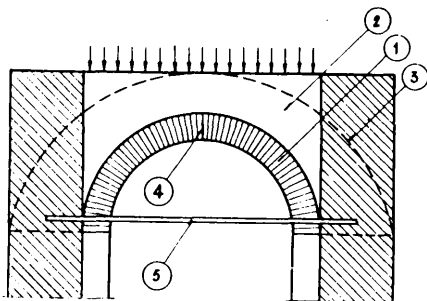
1. 1. L'état initial d'effort, 2. état modifié par l'affaissement initial de l'arc (micro-fissures), 3. état final de l'effort par rotation de la section et puis par l'écrasement de la brique (macro-fissures)

1. 1. Początkowy układ naprężeń, 2. układ zmieniony przez pierwotne osiadanie łuku (mikrospeknięcia), 3. układ końcowy naprężeń w wyniku obrotu płaszczyny przekroju i następnie zmiążdżenia cegły (makrospeknięcia)

Le phénomène de fissuration de la clef se rencontre rarement quand il s'agit d'arcs exécutés en blocs de pierre, mais il est presque toujours présent dans le cas de ceux en maçonnerie de brique.

Les anciennes pratiques de construction prévoyaient l'introduction, presque sans exception, des tirants en bois à ces éléments. Ceux-ci toutefois n'auraient jamais travaillé favorablement, étant donné que par suite du dessèchement et de la putréfaction du bois, on constate toujours une dislocation de la position initiale. En réalité, au-dessus de l'arc en maçonnerie se superpose la maçonnerie même, qui reçoit les charges des voûtes ou des tours et a la forme d'une poutre-paroi. L'écoulement des efforts à travers ces massifs, les frottements qui naissent petit à petit entre l'arc et la maçonnerie qui repose sur lui (frottements provoqués par le tassement de la contexture des briques, par suite du lent durcissement du mortier de chaux — la carbonatation dure pendant des années), ont pour résultat que, avec le temps, l'arc ne travaille plus seul, tel qu'il avait été théoriquement conçu, mais avec la muraille d'au-dessus

c'est-à-dire sous forme d'une poutre-paroi à intra-dos courbe (fig. 2). Des pressions plus fortes commencent à se manifester, pressions qui modifient le schéma statique des écoulements d'efforts, et par suite aussi leur distribution intérieure déjà défavorable du fait de la non concordance signalée. Les points les plus sollicités sont la clef et les sommiers des arcs. Ces derniers, étant délimités par des massifs, l'écoulement des efforts peut s'effectuer dans de meilleures conditions, sans une grande perturbation de l'état d'effort. A la clef, à cause des premières déformations provoquées par les pouspoussées, en réalité réduites, la zone étendue des mortiers ne peut plus assurer les efforts de tension et des microfissures se produisent. L'état d'effort de la section change à nouveau, le matériel essayant à s'adapter. La brique est celle qui dans la zone comprimée de la section de l'arc reçoit une augmentation d'effort; en général cette augmentation d'effort est de l'ordre de quelques kg/cm², ce qui suffit pour provoquer dans sa structure des écrasements du réseau cristallin formé par la cuisson, mais qui est dépassé par la phase gélifique. La rotation de la section de l'arc dans la zone des premières microfissures, s'accroît et par suite les fissures visibles apparaissent. Tout le phénomène se déroule dans le temps; la structure dans son ensemble ainsi que le matériel



2. 1. Arc en maçonnerie, 2. maçonnerie au-dessus de l'arc (poutre-paroi), 3. l'extra-dos de l'arc naturel de décharge, 4. fissure, 5. tirant en bois

2. 1. Łuk murowany, 2. mur powyżej łuku (ściana-belka), 3. grzbiot naturalnego łuku odciążającego, 4. pęknięcia, 5. ściąg drewniany

s'adaptent, et finissent par atteindre leur équilibre statique sous la forme d'un arc à pouspoussées, mais qui n'a pas été conçu comme tel. C'est là aussi la raison pour laquelle on constate également des dislocations des tirants en bois (arrachement de la muraille), outre celles dues aux modifications de volume du bois (contraction, fissuration, etc.).

L'exemple ci-dessus est une illustration du phénomène d'adaptation, qui est un phénomène rhéologique ayant trait à la structure (l'arc et la maçonnerie d'au-dessus) et au matériel, c'est-à-dire aux modifications rhéologiques de la brique, comme suite aux modifications d'états d'effort (vieillessement).

AFFAISSEMENT DE LA MAÇONNERIE

Dans ce qui suit, nous nous référons tant à la maçonnerie d'enceinte d'une grande longueur, qu'à celle présentant des vides. On observe souvent des fissures verticales d'ouverture constante qui apparaissent, par endroit, à la hauteur ou aux limites des vides, sans avoir une cause se rattachant aux phénomènes mentionnés dans l'introduction. La majorité en est due à des défauts de construction, à des joints verticaux et horizontaux non remplis, etc. Par suite de ces défauts, qui dans des conditions normales, pour des constructions plus réduites, ne sauraient être considérés comme des causes de dégradation, dans le cas des constructions de grandes proportions ou se font sentir les efforts des variations de température et d'humidité, ces points de discontinuité des propriétés du matériel sont ceux où les affaissements, par suite de la tendance du matériel à l'adaptation et à la compensation des efforts se produisent de préférence. Les microfissures qui apparaissent de la sorte, s'accroissent avec le temps, du fait d'autres facteurs corrosifs (gel-dégel, plantes, séismicité, etc.) et se transforment petit à petit en fissures qui se laissent constater.

Ingénieur Dinu Moraru
Direction des Monuments Historiques
Bucarest — Roumanie

UWAGI NAD POWOLNYM OSIADANIEM NIEKTÓRYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Praktyka inżynierska w zakresie konserwacji zabytków często nasuwa zagadnienie określenia źródeł pewnych uszkodzeń, nie wiążących się z wyraźnymi przyczynami (jak przypadek wstrząsów sejsmicznych, osiadania gruntu pod fundamentami, elementów nieprawidłowo zwymiarowanych, szkodliwego oddziaływania instalacji itp.). Tak więc stwierdza się w konstrukcjach murowanych: spękania nie mające wyjaśnionej przyczyny, łuki ustępujące w kluczu bez poddania ciśnieniom, przeciążeniom lub skutkom wstrzą-

sów sejsmicznych itd. W badanych przez nas zjawiskach nie spotyka się ponadto przyczyn natury chemicznej (jak na przykład szkodliwe wpływy atmosferyczne). Spękania te są wywołane przez zjawiska fizyczne, których badaniem zajmuje się reologia. Kilka przykładów, zaczerpniętych z naszego doświadczenia praktycznego, może — w naszym przekonaniu — doskonale zilustrować te strony zagadnienia, które zamierzamy uwypuklić w niniejszych uwagach.

ŁUKI SPĘKANE W KLUCZU

Zatrzymamy się przy łukach budowli zabytkowych, powstałych pod wpływem bizantyjskim, które przeważają w dawnej architekturze rumuńskiej i których formą charakterystyczną jest łuk pełny. W odróżnieniu od architektury gotyckiej, która przejawia upodobanie do łuków ostrych, zbliżonych do formy paraboli, łuk pełny, stosowany w architekturze bizantyjskiej i romańskiej, znacznie odbiega od krzywej ciśnienia dla obciążenia ciągłego, jaką jest parabola. Jak to zobaczymy, ta różnica formy może być jedną z przyczyn, dla których w praktyce spotyka się niemal bez wyjątku osiadanie klucza tego rodzaju łuków. Im różnica pomiędzy osią geometryczną łuku i krzywą ciśnienia dla obciążenia, którym go się poddaje jest mniejsza, tym bardziej rozkład naprężeń ściskających dokonuje się w sposób współśrodkowy, tak że dodatkowe naprężenia zginające, wynikiem ze względu na ściskanie mimośrodowe, są mniejsze (il. 1).

Zjawisko spękania klucza spotykane jest rzadko, gdy chodzi o łuki wykonane z bloków kamienia, natomiast występuje ono prawie zawsze w przypadku tychże łuków o konstrukcji murowanej z cegły. Dawna praktyka budowlana przewidywała wprowadzenie do takich elementów, niemal bez wyjątku, ściągów drewnianych. Takowe nie mogły wszakże w ogóle pracować w sposób korzystny, zważywszy, że — na skutek zychania się i butwienia drewna — stwierdza się zawsze przemieszczenie położenia początkowego. W rzeczywistości, powyżej murowanego łuku wznosi się sam mur, który przejmuje obciążenia od sklepień lub wień i ma formę ściany-belki. Rozkład sił w tych masywach, tarcia powstające stopniowo między łukiem i spoczywającym na nim murem (tarcia wywołane przez rozluźnienie spójności cegieł, w następstwie wolnego twardnienia zaprawy wapiennej — przemiana w węglan trwa całymi latami) mają ten skutek, że — z czasem — łuk nie pracuje już więcej sam, taki jaki był pomyślany teoretycznie, lecz wraz z leżącym powyżej murem, tzn. w formie ściany-belki o podniebieniu stanowiącym krzywą (il. 2). Coraz mocniejsze ciśnienia zaczynają występować, ciśnienia, które zmieniają schemat statyczny rozkładu sił, a w następstwie również ich rozkład wewnętrzny, już niekorzystny ze względu na wzmiarkowaną niezgodność. Punktami najbardziej narażonymi są klucz i opory łuków. Ponieważ te ostatnie są ujęte masywami muru, rozkład sił może odbywać się w lepszych warunkach, bez znacznego zakłócenia układu naprężeń. W kluczu, z powodu pierwotnych odkształceń, wywołanych przez siły rozpięrające, w rzeczywistości zredukowanych, strefa rozciągana zaprawy nie może już podoląć naprężeniom rozciągającym i powstają mikrospękania. Układ naprężeń przekroju znowu się zmienia, podczas gdy materiał próbuje się dostosować. Cegła jest ta sama,

która w strefie ściskanej przekroju łuku otrzymuje przyrost naprężeń; ogólnie biorąc ten przyrost naprężeń jest rzędu kilku kg/cm^2 , co wystarcza aby wywołać w strukturze cegły zmiażdżenie siatki krystalicznej, wytworzonej przez wypał, lecz zostaje przemieszczone przez fazę plastyczności. Obrót płaszczyzny przekroju łuku w strefie pierwszych mikrospękań powiększa się i w następstwie tego pojawiają się spękania widoczne. Całe zjawisko przebiega w czasie, konstrukcja jako całość, jak również materiał przystosowują się i dochodzą do osiągnięcia swej równowagi statycznej w postaci łuku rozporowego, który jednak nie był pomyślany jako taki. W tym także tkwi przyczyna, dla której stwierdza się również przemieszczenia ściągów drewnianych (wyrwanie z muru), poza wywołanymi przez zmiany objętości drewna (skurcz, spękanie itd.).

Powyższy przykład jest ilustracją zjawiska przystosowania się, które jest zjawiskiem z zakresu reologii, związanym z konstrukcją (łuk i znajdujący się nad nim mur) i z materiałem, tzn. zmianami reologicznymi cegły, jako następstwem przekształceń układu naprężeń (starzenie się).

PEŁZANIE MURÓW

W dalszym ciągu zajmiemy się zarówno murami obwodowymi o znacznej długości, jak też murami posiadającymi otwory. Zauważa się często spękania pionowe, trwale otwarte, które pojawiają się miejscami, na wysokości lub na granicach otworów, bez tego, aby miały przyczynę związaną ze zjawiskami wzmiarkowanymi we wstępie. Większość spękań jest wywołana przez usterki budowlane, przez niewypełnione spoiny pionowe i poziome itd. W następstwie tych błędów, które w warunkach normalnych, dla budowli o bardziej ograniczonej rozciągłości, nie powinny być uważane za przyczyny uszkodzeń, w przypadku budowli o wielkich rozmiarach, gdzie dają znać o sobie wahania temperatury i wilgotności, te miejsca występowania braku ciągłości właściwości materiału stają się tymi, gdzie osiadanie, w następstwie tendencji materiału do przystosowania się i do wyrównania naprężeń, przejawia się przede wszystkim. Występujące z kolei mikrospękania powiększają się z czasem, ze względu na inne czynniki niszczące (zamarzanie — rozmrażanie, instalacje, wstrząsy sejsmiczne itd.) i zamieniają się stopniowo w spękania dające się stwierdzić.

Inż. Dinu Moraru
Zarząd Ochrony Zabytków
Bukareszt — Rumunia

przełożył Zdzisław Bieniecki

BARBARA BOSOWSKA

ZASTOSOWANIE PARKIETAŻU Z PLEXIGLASU I DURALUMINIUM PRZY KONSERWACJI OBRAZU TABLICOWEGO „TRZECH ŚŚ. JANÓW” Z CZULIC

Obraz „Trzech Śś. Janów“ o wymiarach $93,5 \times 102,3$ cm, pochodzący z kościoła parafialnego pod wezwaniem św. Mikołaja Biskupa i Wyznawcy w Czulicach¹ w powiecie krakow-

¹ Znajdował się tam w 1904 r. w zakrystii przechowywany, o czym wzmiankuje St. Tomkowiicz, *Teka Grona Konserwatorów Galicji Zachodniej, Powiat Krakowski, Kraków 1904, s. 78.* Brak jest danych źród-

skich, a przechowywany obecnie w skarbcu kościoła N. P. Marii w Krakowie, zapewne produkt krakowskiej szkoły cechowej przełomu XV/XVI w., przedstawia: św. Jana Ewangelistę,

dłowych co do jego wcześniejszych losów. Konserwacja obrazu była wykonana jako praca dyplomowa w Studium Konserwacji ASP w Krakowie pod kier. prof. dra J. E. Dutkiewicza.