

Nośność ceglanych nadproży łukowych o kształtach półkolistych

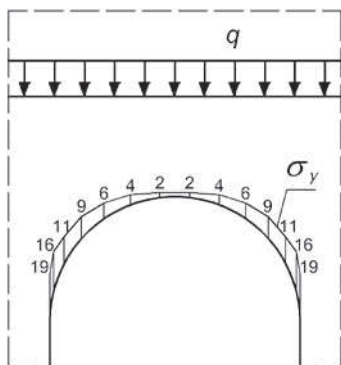
Dr inż. Rafał Nowak, prof. dr inż. Romuald Orłowicz, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Doświadczenia wynikające z badań stanu technicznego istniejących budynków murowych wskazują, że przyczyną uszkodzeń nadproży łukowych w postaci spękań i zarysowań są: obciążenie dynamiczne wywołujące utratę spójności muru, przeciążenie oraz nierównomierne osiadanie fundamentów. W kamienicach zachowanych z czasów przedwojennych zaprawa wapienna jest w wielu przypadkach mocno zdegradowana. Wiąże się to często z utratą przyczepności na styku cegły i zaprawy, powodując tworzenie się niekorzystnego stanu naprężeń w murze. W takim przypadku nośność na rozciąganie dla muru jest znikoma, powodując odmienny charakter zarysowań i spękań oraz pracę konstrukcji. W takich sytuacjach pęknięcie występuje na styku zaprawy i cegły. Powstanie zarysowań i spękań nie oznacza jednak utraty nośności nadproży, lecz świadczy o przekroczeniu stanu granicznego użyteczności konstrukcji. Na podstawie badań doświadczalnych autorów [1] ustalono, że istotnym czynnikiem mającym wpływ na nośność ceglanych nadproży łukowych są warstwy muru ponad łukiem. Powstający wtórny łuk w warstwach muru powyżej nadproża ma wpływ na nośność nadproży, który zwiększa się ze zwiększeniem wysokości usytuowania obciążenia od stropów nad nadprożem łukowym. Współpraca łuku wtórnego z nadprożem łukowym powoduje wielokrotne zwiększanie jego nośności. Największy efekt uzyskuje się przy niesymetrycznym obciążeniu nadproża siłą skupioną. W badaniach [1] rozpatrywano głównie nadproża odcinkowe.

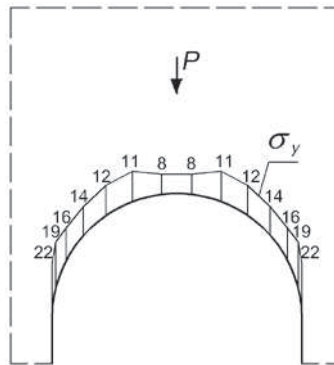
Natomiast przedmiotem niniejszej pracy są nadproża o kształcie półkolistym.

Według pracy [2] zalecana grubość ceglanych łuków półkolistych o rozpiętości ok. 1,0 m wynosi 0,5 cegły, o rozpiętości 2–3 m 1,5 cegły, o rozpiętości 3,5–5,75 m 2 cegły i powyżej 5,75 m 2,5 cegły. Rozpatrzmy najbardziej stosowane w budownictwie mieszkaniowym nadproża okienne i drzwiowe o rozpiętości 1,0 m. Wstępnie na podstawie badań numerycznych ustalono rozkład naprężeń ściskających σ_y na kontakcie łuku półkolistego, a usytuowanej warstwy muru ponad łukiem. Ustalono, że rozkład tych naprężeń zależy od rodzaju obciążenia stropem: w przypadku obciążenia skupionego jest on bardziej równomierny niż w przypadku obciążenia rozłożonego (rys. 1). Ponieważ w starych budynkach mieszkalnych najczęściej stosowano stropy belkowe (drewniane lub stalowe), to badania doświadczalne przedmiotowych nadproży wykonywano obciążeniem skupionym. Oczekiwano, że z uwagi na bardziej korzystne równomierne obciążenie łuku półkolistego naprężeniami σ_y jego nośność w zespole z wyżej usytuowaną warstwą muru będzie znacząco wyższa niż w przypadku samodzielnej pracy pod obciążeniem skupionym. W podjętych badaniach doświadczalnych wykonano modele o niskiej przyczepności zaprawy do cegły (wytrzymałość na rozciąganie $f_{t90} = 0,1$ MPa) dla różnych wariantów obciążenia skupionego: w środku i w $1/4$ rozpiętości nadproża. Modele typu A zostały wykonane jako wyodrębnione łuki półkolisty o grubości

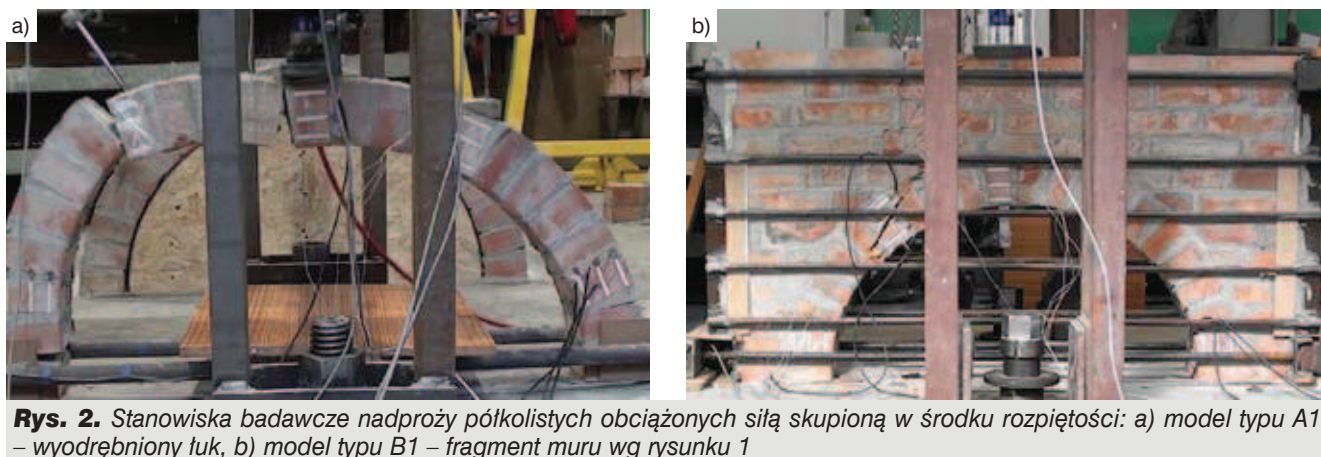
a)



b)



Rys. 1. Wykresy naprężeń kontaktowych σ_y na styku ceglano łuku półkolistego z warstwami muru powyżej przy obciążeniu siłą skupioną P w środku rozpiętości (a) i przy obciążeniu rozłożonym q (b)



Rys. 2. Stanowiska badawcze nadproży półkolistych obciążonych siłą skupioną w środku rozpiętości: a) model typu A1 – wyodrębniony łuk, b) model typu B1 – fragment muru wg rysunku 1

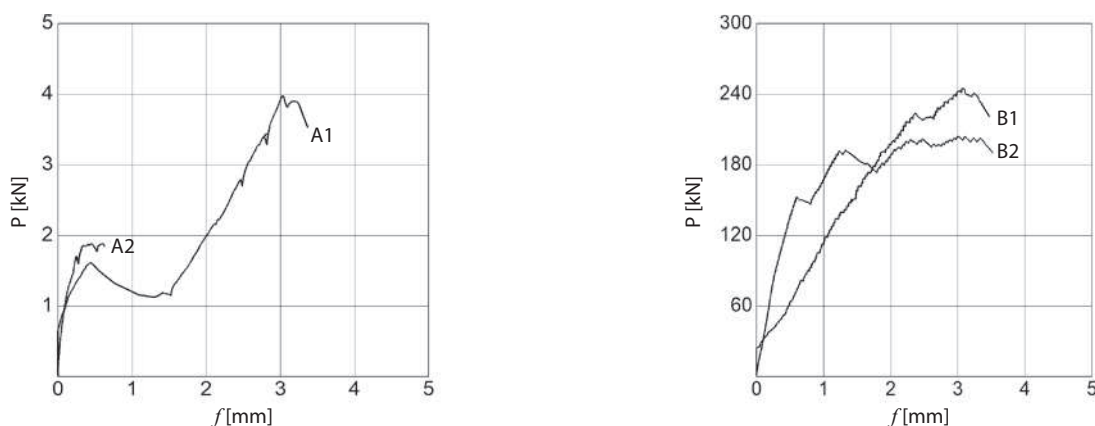
12 cm, czyli 0,5 cegły. Modele muru typu B zostały wykonane na podstawie fragmentu ściany murowej obejmującego nadproże łukowe wraz z otaczającym ich murem, jak to pokazano na rysunku 1.

Badania modeli prowadzono za pomocą siłownika hydraulicznego (rys. 2). Rejestracja przemieszczeń modeli odbywała się za pomocą przetworników indukcyjnych. W celu umożliwienia rejestracji siły rozporu H w modelach zastosowano stalowy ściąg (przetwornik tensometryczny). Dla modeli fragmentu muru typu B założono dodatkowe ściągi, w celu ograniczenia przemieszczeń poziomych na całej wysokości muru. Rejestracja odkształceń muru w najbardziej wyężonych przekrojach modeli odbywała się za pomocą tensometrów elektrooporowych. Rejestracja wyników pochodzących od tensometrów, czujników indukcyjnych oraz siłomierzy niesprzęgniętych z siłownikiem hydraulicznym była dokonana na mostku tensometrycznym HBM Hottinger MGC Plus.

Modele zostały przebadane aż do zniszczenia obciążeniem o stałym przyroście w czasie, zgodnie z obowiązującymi normami. Pomiar wszystkich wartości dokonywany był w czasie rzeczywistym o częstotliwości 10 Hz, za pomocą aparatury sterującej siłownikiem oraz mostka tensometrycznego HBM Hottinger. W trakcie prowadzenia badań były prowadzone rejestracje przebiegu

zniszczenia modele za pomocą kamery wysokiej rozdzielczości, w celu wychwycenia procesów zniszczenia modeli.

Wyniki badań modeli typu A i B przedstawiono w postaci wykresów opisujących zależności wielkości ugięcia f od wprowadzanej siły P (rys. 3) rejestrowanego w miejscach wprowadzenia siły (pionowo w dół). Całkowite zniszczenie modeli A1 nastąpiło przy obciążeniu 4 kN, a modeli B1 przy obciążeniu 240 kN, czyli o 60 razy większym. Natomiast całkowite zniszczenie modeli A2 nastąpiło przy obciążeniu ok. 2 kN, a modeli B2 przy obciążeniu 200 kN, czyli o 100 razy większym. Mechanizm zniszczenia wyodrębnionych łuków półkolistych (modeli A1 i A2) polegał na powstaniu czterech przegubów: w strefie podpór, pod siłą i pomiędzy siłą a podporą (rys. 2a). Natomiast mechanizm zniszczenia modeli B1 i B2 był całkowicie odmienny i polegał na powstaniu wtórnego łuku w obszarze muru usytuowanego między łukiem półkolistym a siłownikiem hydraulicznym. Uszkodzenia powstały ukośnie od wprowadzonej siły na boki. Początek uszkodzenia następował w postaci drobnych rys w połowie odległości, następnie rysy stawały się wyraźniejsze i na całej długości od siły do końca nadproża. Pęknięcia powstające na nadprożu świadczyły o końcu zapasu nośności nadproża. Zniszczenie modeli z nadmurowaniem (B1, B2) wystąpiło poprzez spadek



Rys. 3. Zależności doświadczalne dla modeli A i B ugięć (pod wprowadzoną siłą) f od obciążenia P usytuowanego w środku rozpiętości (A1, B1) i w $1/4$ rozpiętości (A2, B2)

nośności fragmentu wraz z narastaniem odkształceń. Nie było tak znaczące i efektowne, jak to miało miejsce dla modeli A1, A2. Stąd warstwy nadmurowania oraz muru wkoło powodują dodatkową ochronę dla takiego fragmentu nadproża. Zarejestrowane wartości rozporu wyniosły: dla modelu A1 $H = 2,7$ kN, dla modelu A2 $H = 0,7$ kN, dla modelu B1 $H = 7,7$ kN, dla modelu B2 $H = 30,0$ kN. Dużo większe wartości siły rozporu były dla modeli z nadmurowaniem niżeli dla wyodrębnionych łuków. Jednakże stosunek wprowadzonej siły do rozporu był dużo większy dla wyodrębnionych łuków, ponieważ maksymalna siła była znacząco mniejsza.

Związane jest to z bardzo ważną funkcją warstw muru ponad nadprożem, które oprócz przejmowania obciążeń pionowych dodatkowo zmniejszają wartość siły rozporu poprzez przejście części rozporu i przekazanie go na swojej wysokości na innej warstwy cegieł, tym samym odciążając właściwy łuk.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ahnert R., Krause K. H.: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz, Band 1,2. Berlin 2009
 [2] Nowak R., Rozprawa doktorska: Analiza nośności i mechanizmów uszkodzeń odcinkowych ceglanych nadproży łukowych (1.10.2014 r.)

Budownictwo energooszczędne, trendy przyszłości i BIM na targach WARSAW BUILD 2016



Innowacyjne rozwiązania ekologiczne, nowości z rynku materiałów budowlanych: od materiałów izolacyjnych przez chemię i ceramikę budowlaną, wyroby z drewna, stolarkę – po elementy wyposażenia wnętrz, w tym produkty wykończenia i wyposażenia łazienek – będzie można zobaczyć podczas IV Międzynarodowych Targów Budowlanych i Wnętrzarskich Warsaw Build 2016. Wydarzenie odbywać się będzie od 16 do 18 listopada 2016 w EXPO XXI Warszawa.

Celem wydarzenia jest wymiana doświadczeń i zacieśnianie współpracy uczestników polskiego rynku budowlanego – architektów, producentów, montażystów, dystrybutorów czy inwestorów – z kontrahentami ze świata. Podczas trzech dni spotkań przedsiębiorcy prezentują nowości produktowe, najnowsze technologie i rozwiązania, w kategoriach Budowa, Okna i Drzwi, Wnętrza i Design, uczestniczą w wykładach i panelach dyskusyjnych. Tegorocznej edycji spotkań towarzyszy druga edycja Międzynarodowych Targów Systemów Grzewczych, Wentylacji, Klimatyzacji, Systemów Wodnych, Sanitarnych i Basenów Aquatherm Warsaw. Udział w nich wezmą polscy i zagraniczni producenci materiałów, prezentujący najnowsze trendy i technologie branży HVAC, a także projektanci i instalatorzy.

Warsaw Build 2016 uzupełnia bogaty program merytoryczny. Wiodącym tematem będzie zrównoważone projektowanie obiektów i wnętrz. Ekspertki zaprezentują najnowsze możliwości zwiększania efektywności energetycznej budowanych lub remontowanych domów



foto: ElectivePR

i mieszkań – takie jak pompy ciepła, ograniczanie energii metodą uzdatniania wody, omówią najnowsze regulacje prawne i systemy wsparcia energooszczędnego budownictwa. W programie także warsztaty, dedykowane wykorzystaniu technologii BIM, przybliżające możliwości jej wykorzystania w procesie projektowania, planowania i realizacji wnętrzarskich, panele eksperckie dotyczące zagadnień marketingu w branży budowlanej czy najnowszych zmian prawnych, tj. nowelizacji prawa zamówień publicznych 2016 pod kątem kwestii kluczowych dla wykonawców.

Organizowane po raz czwarty targi Warsaw Build są jedynym na Mazowszu spotkaniem przedstawicieli branży: z tak licznym udziałem zagranicznych kontrahentów. Udział w tegorocznej edycji zapowiedzieli przedstawiciele m.in. z Portugalii, Indii, Rosji, Hiszpanii, Chin, Niemiec, Turcji, Ukrainy i Włoch.

Więcej informacji na stronach: www.warsawbuild.pl; www.aquatherm-warsaw.com.