

Szczególny przypadek uszkodzenia ceglanych nadproży łukowych

Prof. dr hab. inż. Romuald Orłowicz, mgr inż. Rafał Nowak, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

W pracy [1] podano mechanizmy i przyczyny uszkodzeń ceglanych nadproży łukowych w istniejących budynkach. Szczególnym przypadkiem tych uszkodzeń są spękania nadproży usytuowanych w sąsiedztwie ścian szczytowych. Z uwagi na działanie nie zrównoważonego rozporu w tej strefie mogą powstać spękania pionowe pasm

gdzie:

$$l = db^3/12,$$

f_{t0} – wytrzymałość muru na rozciąganie wzdłuż spoin wspornych, E , E_0 – moduły sprężystości muru prostopadle i równoległe do spoin wspornych, d – grubość ściany, a , b , h , h^* , L – parametry geometryczne wg rysunku 1 a.

Wartość rozporu w (2) określa się ze wzoru

$$H = M/f \quad (3)$$

gdzie:

f – strzałka (wyniosłość) łuku, M – moment zginający w łuku od obciążenia pionowego. Analiza mechanizmu uszkodzeń poszczególnych elementów muru, które przyjmują rozpor od nadproży, pozwoliła ustalić następujące prawidłowości [2]. Przy jednakowych rozmiarach otworów okiennych na każdej kondygnacji i przy jednakowym obciążeniu nadproży, w pierwszej kolejności niszczeniu ulega nadproże górnej kondygnacji, następnie kolejne nadproża dolnych kondygnacji. Na górnej kondygnacji rozpor jest przejmowany przez przekrój ściany usytuowany między nadprożem



Fot. 1. Przykłady uszkodzeń nadproży łukowych usytuowanych przy ścianach szczytowych

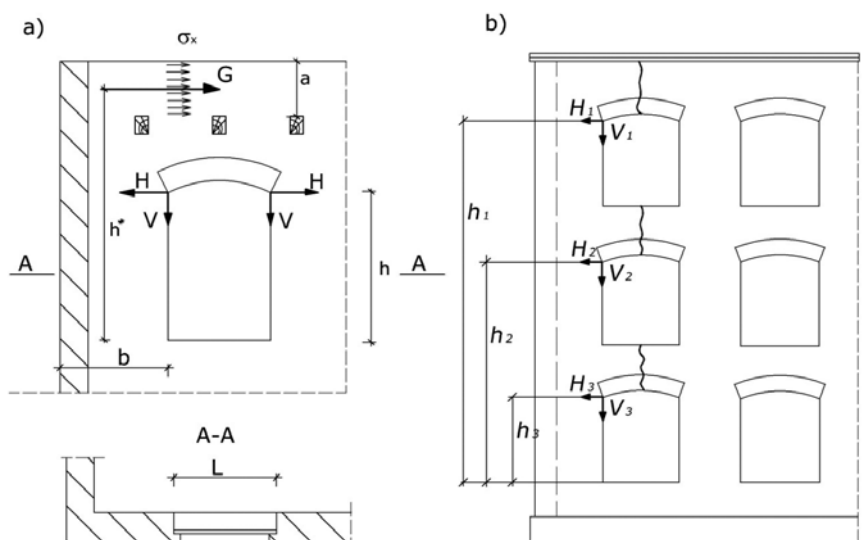
międzyokiennych (fot. 1). Skutkiem tego może być utrata stateczności ściany szczytowej i zmniejszenie sztywności budynku jako układu przestrzennego.

W pracy [2] podano przybliżoną metodę obliczeń nadproży usytuowanych przy ścianach szczytowych. Polega ona na sprawdzeniu nośności pasma międzyokiennego na rozciąganie wzdłuż spoin wspornych wg wzoru:

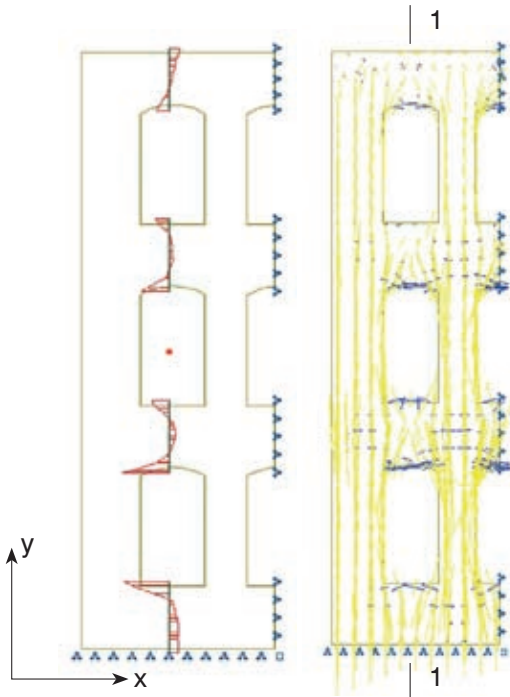
$$\sigma = \frac{G}{ad} \leq f_{t0} \quad (1)$$

w którym:

$$G = \frac{H - \frac{3Vb}{4h}}{\frac{h^*}{h} + \frac{3EIL}{E_0 F h^* h^2}} \quad (2)$$



Rys. 1. Rozkład sił działających w strefie nadproży łukowych usytuowanych przy ścianie szczytowej: a – na górnej kondygnacji, b – na całej wysokości budynku



Rys. 2. Wykresy naprężeń σ_x w przekroju 1 – 1 fragmentu elewacji z otworami okiennymi przy ścianie szczytowej (a) i trajektorie naprężeń głównych w tym fragmencie (b) (linie żółte – naprężenia ściskające, linie niebieskie – naprężenia rozciągające)

a attyką. Po przekroczeniu nośności tej części ściany rozpór H jest przekazywany na pasmo pionowe o szerokości b między otworem okiennym a ścianą szczytową. Pasma to u podstawy na poziomie podokiennika jest obciążone momentem zginającym $M=Hh$ i siłą ścinającą H (rys. 1a). Dla dolnych kondygnacji moment zginający określa się wg schematu na rysunku 1 b ze wzoru:

$$M = \sum Hh - \sum \frac{Vb}{2} \quad (4)$$

Warto zaznaczyć, że oddziaływanie momentu M jest bardziej niebezpieczne na górnych kondygnacjach, gdyż na niższych naprężenia rozciągające σ_y od działania M są równoważone przez naprężenia ściskające od działania reakcji V_i (rys. 1b). Poza tym wg pracy [2] pasmo międzyokienne nad nadprożami sprawdza się wg stanu granicznego użyteczności:

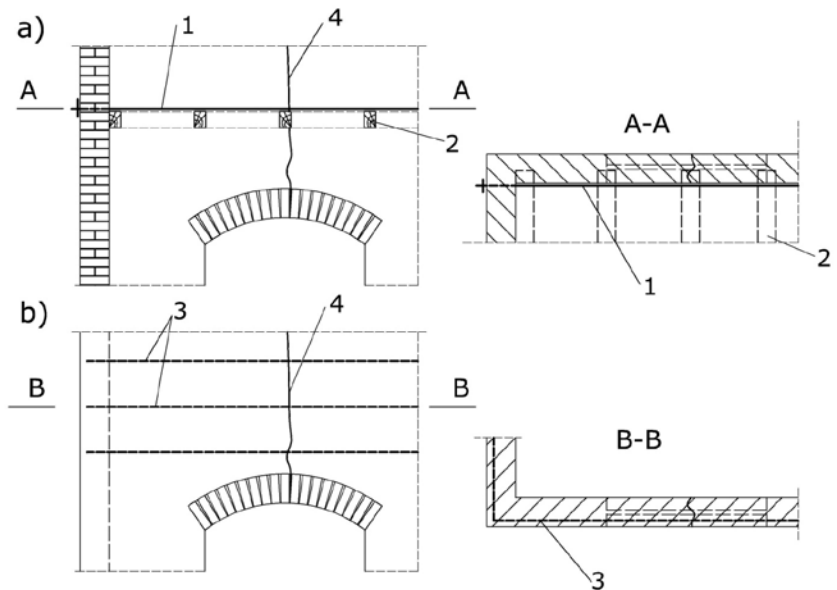
$$\Delta = \frac{Hh^3}{3EI} - \frac{Vbh^2}{4EI} \leq [\Delta] \quad (5)$$

gdzie $[\Delta]$ – graniczne wartości szerokości rozwarcia rys.
Bardziej dokładna analiza stanu naprężeń ścian w strefie otworów okiennych może być prze-

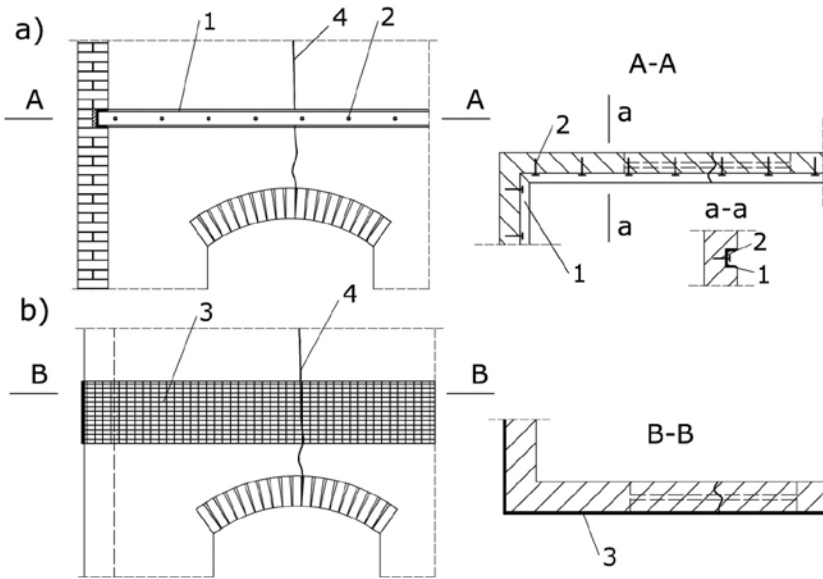
prowadzona za pomocą metody elementów skończonych (MES). Na rysunku 2 przytoczono wybrane wyniki tej analizy na podstawie obliczeń w programie Robot Millenium.
Analizowano fragment elewacji przy ścianie szczytowej trzykondygnacyjnego budynku jak na rysunku 1b. Rozmiary otworów okiennych wynosiły $l \times h = 1,1 \times 2,3$ m, wysokość kondygnacji

3,82 m, nadproże w kształcie łuku odcinkowego o strzałce $f = L/9$. Mur modelowany jako materiał izotropowy o charakterystykach: $E=2520$ MPa, $G=1135$ MPa, $\mu=0,11$. Obliczenia wykonano od obciążenia ciężarem własnym ściany oraz stropami. Z analizy obliczeń numerycznych wynika, że stan naprężeń w najbardziej wyężonych przekrojach nadproży znacząco odbiega od stanu naprężeń tych przekrojów wg uproszczonej metody [2]. Dotyczy to zwłaszcza rozkładu naprężeń σ_x w przekroju 1–1. Istotnym jest fakt, że bezpośrednio w łuku ceglany zawsze powstają naprężenia rozciągające σ_x (rys. 2a) oraz naprężenia ścinające τ_{xy} , które mogą doprowadzić do jego spękania i dalszej propagacji pęknięcia na wysokości pasma międzyokiennego.

W celu zapobiegania spękanom nadproży przy ścianach szczytowych stosuje się ściągi kotwiące ścianę szczytową do ściany prostopadłej z nadprożami. Usytuowanie tych ściągów najlepiej dokonać na poziomie stropu, tak aby były one ukryte pod posadzką (rys. 3a). Kotwienie ściągu do ściany elewacyjnej może być wykonane



Rys. 3. Wzmocnienie nadproży za pomocą ściągów (a) lub zbrojenia prętami stalowymi (b). Oznaczenia: 1 – ściągi stalowe, 2 – belki stropowe, 3 – pręty stalowe osadzone w spoinach wspornych, 4 – pęknięcia



Rys. 4. Wzmocnienie spękanej ściany w strefach nadproży przy ścianach szczytowych za pomocą wewnętrznego stalowego wieńca (a) lub zbrojenia od zewnątrz matami z kompozytów włóknistych (b). Oznaczenia: 1 – ceownik, 2 – kotwy stalowe, 3 – maty z kompozytów włóknistych, 4 – pęknięcie

za pomocą kształtowników osadzonych w murze. Następnym rozwiązaniem może być zastosowanie zbrojenia narożnej części budynku np. w postaci specjalnych prę-

tów spiralnych [3], osadzonych w szczelinach, które wykonuje się w spoinach wspornych (rys. 3b). Wzmocnienie może być również wykonane poprzez zastosowanie

wieńca z kształtowników stalowych (ceowników), osadzonych w bruzdzie ściany na wysokości belek stropowych i zakotwionych do ścian muru (rys. 4a). Kolejnym rozwiązaniem jest zastosowanie mat z kompozytów włóknistych od zewnątrz muru (rys. 4b) – przy założeniu występowania warstwy tynku, w której można ukryć ten materiał wzmacniający [4]. Należy zaznaczyć, że dokonanie właściwego wyboru sposobu napraw zależy od wielu czynników (technologicznych, ekonomicznych itp.) i ostatecznie należy do decyzji projektanta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nowak R., Orłowicz R., Mechanizmy uszkodzeń ceglanych nadproży łukowych, XIII Konferencja Naukowo-Techniczna REMO, Wrocław 2009
 [2] Oniszczuk L. I., Kamiennye konstrukcji, Strojizdat, Moskva 1939
 [3] Katalog firmy Helifix, Systemy napraw i wzmocnień konstrukcji murowanych, Budosprzęt Bytom 2001
 [4] Ruredil X Mesh C10/M25, System wzmacniania konstrukcji murowanej przy pomocy siatki z włókna węglowego osadzonej w zaprawie cementowej, VIS BUD Wrocław 2005



Zaprasza na cykl konferencji dla architektów, projektantów, inwestorów i przedstawicieli samorządów



» WARSZAWA » KRAKÓW
 » GDAŃSK » WROCŁAW
 » BIAŁYSTOK

Cykl konferencji o najnowszych energooszczędnych trendach w budownictwie oraz ekologicznych rozwiązaniach w przestrzeni mieszkalnej i użytkowej. Połączenie w jednej formule dwóch aspektów wykorzystania możliwości energooszczędności i ekologii przez wszystkie grupy zawodowe związane z budownictwem, architekturą i projektowaniem wnętrza.

Szczegółowe informacje: www.infoinvest.pl

- » aktualne trendy w Polsce i na świecie
- » praktyczne wskazówki
- » nowa inspiracja dla kreacji i projektu
- » ekologiczny sposób myślenia o projektowaniu
- » energooszczędny wymiar budownictwa oraz
- » wykłady praktyków
- » porady fachowców
- » najnowsze rozwiązania i technologie sprawdzone w naszym kraju

