

Analiza nośności ceglanych nadproży klinowych

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



Rys. 1. Przykłady uszkodzenia ceglanych nadproży klinowych

1. Wprowadzenie

Istnieje duża liczba budynków zrealizowanych technologią tradycyjną z nadprożami murowanymi klinowymi. Jest to najprostszy rodzaj nadproży zarówno ze względów konstrukcyjnych, jak i wykonawstwa. Jednak po wieloletniej eksploatacji można obserwować ich rozmaite uszkodzenia, które często budzą wątpliwości użytkownika co do bezpieczeństwa nadproży klinowych. W niektórych przypadkach występuje wypadanie cegieł z nadproży (rys. 1 a), co może być skutkiem powstania nadmiernych naprężeń rozciągających, zwietrzenia zaprawy lub oddziaływań dynamicznych związanych m.in. z ruchem pojazdów. Świadczy to o całkowitej utracie nośności nadproża, co wymaga bezwzględnego zabezpieczenia i naprawy konstrukcji. Rzadziej można obserwować „wypadanie” nadproża ze ściany, gdyż w obrębie jego połączenia z murem powstają rysy pionowe (rys. 1 b). Uszkodzenie to zwykle występuje w nadprożach nieobciążonych, usytuowanych w niezwieńczonych ścianach pod stropodachem. Zarysowania ukośne stożkowe pasma międzyokiennego (ponad nadprożem) związane są z nadmiernym pionowym odkształceniem nadproża (rys. 1 c). Ukośne stożkowe zarysowanie bezpośrednio nadproża klinowego (rys. 1 d) świadczy o jego

przeciążeniu siłą skupioną w postaci reakcji podporowej belki stropowej, usytuowanej w środku rozpiętości nadproża. Jest to również niebezpieczny przypadek uszkodzenia wymagającego bezwzględnego zabezpieczenia i naprawy.

2. Stan wiedzy

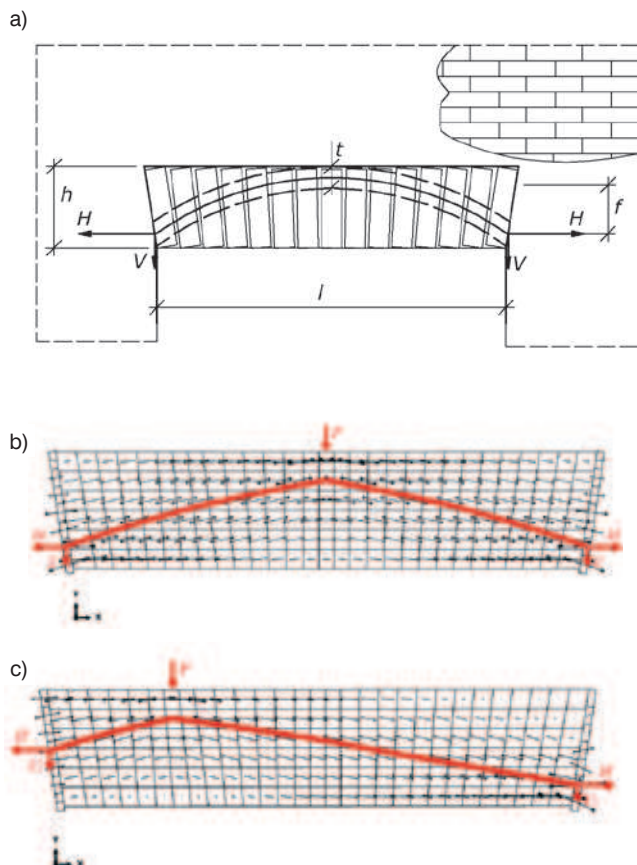
Do końca XIX w. stosowano jedynie empiryczne sposoby wyznaczania nośności ceglanych nadproży klinowych [1]. Dopiero później opracowano uproszczoną metodę obliczeń wg schematu statycznego przedstawionego na rysunku 2a. Polega ona na sprawdzeniu nośności wyodrębnionego z nadproża klinowego tuku odcinkowego o pewnych parametrach geometrycznych t i f .

Wg tej metody rozpor H w przypadku obciążenia równomiernego q określa się wzorem:

$$H = \frac{q \times l^2}{8 \times f}$$

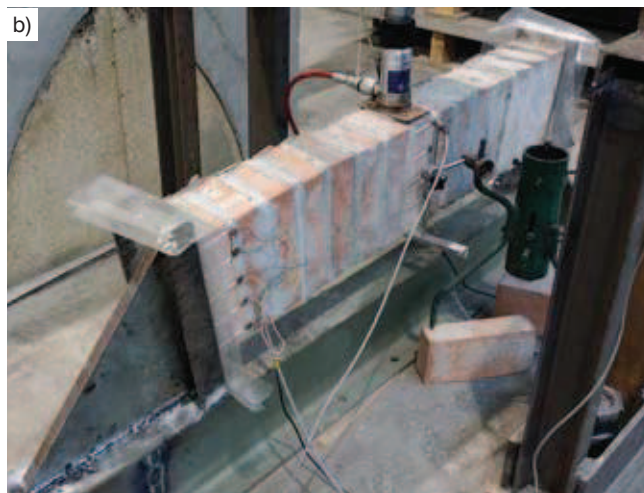
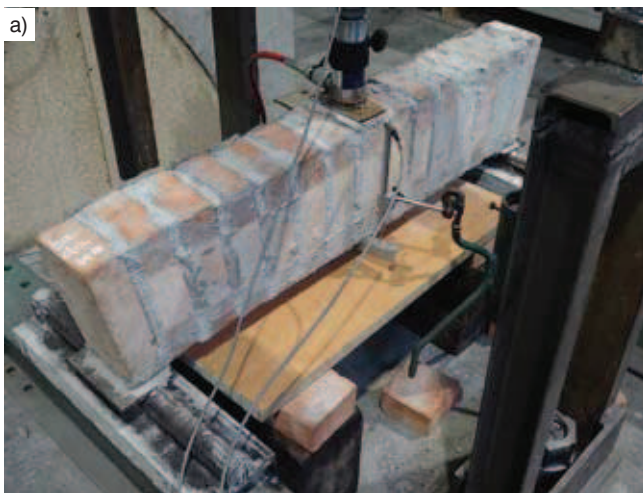
gdzie: f – strzałka tuku, l – szerokość otworu w świetle, q – wartość obciążenia liniowego.

W przypadku obciążenia nadproży siłami skupionymi P od belek stropowych parametry t i f będą zmienne



Rys. 2. Uprozczone schematy obliczeniowe płaskich nadproży klinowych w przypadku obciążenia równomiernego (a), obciążenia skupionego P w środku rozpiętości l (b) i w $1/4$ rozpiętości l (c)

w zależności od usytuowania tych sił w przęśle nadproży. Ilustrują to przytoczone na rysunku 2b i 2c trajektorie naprężeń głównych ściskających w nadprożu klinowym, uzyskanych w wyniku obliczeń numerycznych w programie Abaqus dla siły skupionej P usytuowanej w środku rozpiętości nadproża oraz niesymetrycznie w odległości $l/4$ od podpory. Z obliczeń wynika,



Rys. 3. Widok modeli nadproża klinowego podczas obciążenia siłą skupioną w środku rozpiętości: a – jako belki wolno podpartej, b – jako belki na podporach klinowych z ograniczeniem przemieszczeń poziomych

że przy obciążeniu siłą skupioną w środku rozpiętości największa koncentracja naprężeń ściskających w poprzek spoin wspornych występuje w przekroju pod siłą oraz w strefach dolnych oparcia nadproża. Trajektorja jest symetryczna. Dla siły skupionej niesymetrycznej, największe naprężenia ściskające w poprzek spoin wspornych występują również pod siłą P oraz przy bardziej obciążonej podporze w środkowej części wysokości h . Ustalono również, że ze zwiększeniem relacji między rozpiętością l nadproża a jego wysokością h przy tej samej wielkości obciążenia wartość rozporu H wzrasta. Z powyższego można założyć następujące mechanizmy zniszczenia nadproży klinowych:

- rozluźnienia nadproża w najbardziej wyężonych strefach rozciągania (rys. 1a),
- przesuw pionowy cegieł wzdłuż spoin wspornych w strefach powstania największych sił tnących,
- zarysowanie ukośne jak na rys.1d na skutek powstania wyodrębnionego łuku odcinkowego,
- zmiążdżenie muru nadproża w najbardziej wyężonych strefach ściskania prostopadle do spoin pionowych.

W celu określenia rzeczywistego mechanizmu zniszczenia nadproży klinowych przeprowadzono własne badania doświadczalne.

3. Badania doświadczalne

W kamienicach zachowanych z czasów przedwojennych i wcześniejszych zaprawa wapienna jest w wielu przypadkach mocno zdegradowana. Wiąże się to często z utratą przyczepności na styku cegły i zaprawy, powodując tworzenie się odmiennego stanu naprężeń w murze [2]. W związku z tym w podjętych przez autorów badaniach doświadczalnych wykonane modele o niskiej przyczepności zaprawy do cegły (ok. 0,2 MPa na oderwanie).

Modele wymurowano z cegły pełnej zwykłej klasy marki 25 oraz zaprawy o stosunkowo niskiej wytrzymałości,

stosując rygor geometrii spoin w celu otrzymania efektu nadproża klinowego.

Badania modeli o długości $l = 100$ cm i wysokości $h = 25$ cm przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie próbki badano jako belki wolnopodparte obciążone siłami skupionymi P wg schematów rys. 2b, c. Po zniszczeniu tych próbek (rys. 3a) połówki ich łączyło na zaprawę i badano ponownie na specjalnym stanowisku (rys. 3b). Stanowisko stworzono z dwóch ceowników wzmocnionych płaskownikami przyspawanych do belki dwuteowej. Konstrukcje dopasowano do geometrii modeli nadproży klinowych. Tym samym ukośnie usytuowane ceowniki tworzyły podpory klinowe dla modeli nadproża. Kontakt pomiędzy czółami modeli a stalowymi klinowymi podporami był wyrównywany zaprawą montażową z przekładką z warstwy poślizgowej w postaci folii. Na model zostały naklejone tensometry elektrooporowe w miejscu wprowadzania siły oraz w miejscu oparcia, do rejestracji odkształceń pod wpływem siły. W trakcie badania rejestrowano siłę P wprowadzoną siłownikiem hydraulicznym. Rejestrowano również przebieg mechanizmu zniszczenia za pomocą kamery cyfrowej.

Mechanizm niszczenia modeli wg schematu belkowego (rys. 3a) polegał na odspojeniu zaprawy od cegły w strefie rozciąganych spoin pionowych. Wartość siły niszczącej w przypadku obciążenia modeli w środku rozpiętości wynosiła około $P = 0,1$ kN, a w $1/4$ rozpiętości około $P = 0,15$ kN. Natomiast podczas badań próbek wg schematu rys. 3b wartości siły niszczącej przy obciążeniu w środku rozpiętości wynosiła średnio około $P = 59$ kN, a przy obciążeniu w $1/4$ rozpiętości około $P = 77$ kN. Mechanizm zniszczenia tych modeli polegał na powstaniu ukośnych pęknięć jak na rys. 1d, wyodrębniających łuki wg schematów 2b, c. Następnie następowało zmiżdżenie cegły od ściskania pod wpływem powstałych sił rozporowych H : w przypadku obciążenia w środku rozpiętości – bezpośrednio pod siłą P , w przypadku obciążenia w $1/4$ rozpiętości – w najbardziej wyężonej dolnej strefie podporowej. Warto nadmienić, że odkształcenia muru w tych strefach rejestrowanych za pomocą tensometrów elektrooporowych

na wszystkich etapach obciążenia były nierównomierne: największa ich koncentracja występowała bezpośrednio pod siłą P w górnych warstwach przekroju, a w strefach podporowych – w dolnych warstwach przekroju poprzecznego nadproża. Podczas obciążania próbek opartych jak na rys. 3b obserwowano pionowe przemieszczenia ich stref podporowych względem ukośnych stalowych podpór. Było to skutkiem redukcji długości próbek pod wpływem powstających sił rozporowych H . Siły te ściskające nadproże klinowe w poprzek spoin wspornych w realnych murach będą wywoływać ściskanie ich fragmentów wzdłuż spoin wspornych (w strefie kontaktu z nadprożem). Ponieważ wytrzymałość muru na ściskanie wzdłuż spoin wspornych jest mniejsza niż jego wytrzymałość na ściskanie w poprzek spoin wspornych, to decydującym o nośności nadproża może być właśnie strefa jego połączenia ze ścianą. Jest to odrębne zagadnienie wymagające przeprowadzenia dalszych badań.

4. Podsumowanie

Istotną cechą płaskich ceglanych nadproży klinowych jest ich samoczynne klinowanie się pod wpływem wzrastającego obciążenia pionowego. Wskutek tego w nadprożu wyodrębnia się łuk odcinkowy przekazujący na mur poza podporowymi reakcjami pionowymi również poziome siły rozporowe. Parametry geometryczne tego umownego łuku zależą od relacji między rozpiętością a wysokością nadproża klinowego, sposobu jego obciążenia, warunków brzegowych i innych czynników. W celu opracowania inżynierskiej metody obliczeń przedmiotowych nadproży klinowych przez autorów zamierzono przeprowadzenie dalszych badań.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Ahnert, K.H. Krause, Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2014
- [2] R. Nowak, Praca Doktorska. Analiza nośności i mechanizmów uszkodzeń odcinkowych ceglanych nadproży łukowych, Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin, 2014, str. 112

PASYWNY-BUDYNEK PL
branżowy portal internetowy

(42) 653- 57- 03

www.facebook.com/PasywnyBudynekpl

OGRZEWNICTWO PL KLIMATYZACJA PL
branżowy portal internetowy branżowy portal internetowy

PORADY FACHOWCÓW
AKTUALNOŚCI Z BRANŻY
INFORMACJE O PRODUKTACH
PROMOCJE
KATALOG FIRM

Sprawdź nas!

