

Autor: Dariusz Sanewski  
Promotor: Prof. dr. hab. inż. Łukasz Drobiec  
Promotor pomocniczy: dr. inż. Adam Piekarczyk

## **Analiza nośności i rysoodporności muru zabytkowego poddanego zginaniu w płaszczyźnie**

### **Streszczenie**

Dobór właściwych komponentów wykorzystywanych do wzmocnienia murów wpływa na nośność muru i zabezpiecza przed jego trwałym uszkodzeniem. W konserwacji zabytków do naprawy rys i pęknięć przyjęto do stosowania uznaną brytyjską metodę naprawy murów metalicznymi, spiralnymi prętami na dwuskładnikowej zaprawie systemowej.

W rozprawie poszukiwano innych materiałów spełniających parametry wytrzymałościowe podobne do metody uznanej w konserwacji zabytków. Zaproponowano wykorzystanie prętów kompozytowych na zaprawie modyfikowanej.

Celem pracy jest ustalenie wpływu wzmocnienia powierzchniowego i przypowierzchniowego murów ceglanych siatką PBO MESH GOLD systemu RUREDIL na naprawczej zaprawie modyfikowanej oraz prętami kompozytowymi GFRP na tej samej zaprawie na nośność i odkształcalność. Kolejnym celem jest stwierdzenie, czy zaproponowane materiały spełniają kryterium wytrzymałości i rysoodporności w naprawie murów ceramicznych.

Rozprawę rozpoczyna przegląd rozwoju budownictwa ceglano od starożytności do czasów współczesnych. Przybliżono czynniki mające wpływ na trwałość budownictwa z cegły. Usystematyzowano osiągnięcia naukowców podejmujących tematykę rysoodporności od czasów H. Hilsdorfa po współczesnych badaczy jak Ł. Drobiec. Główny akcent postawiono na rozważania nad materiałami zastosowanymi do zmaksymalizowania rysoodporności ściany ceglano. Dokonano przeglądu prętów kompozytowych i ich właściwości. Przedstawiono badania materiałowe głównych komponentów stosowanych do wzmocnienia murów ceramicznych. Opisano właściwości zapraw użytych w badaniach. Określono rodzaje cegieł użytych w badaniach ze wskazaniem miejsca ich pozyskania i okresu historycznego z jakiego pochodziły. Dla cegieł wyznaczono średnią wytrzymałość na ściskanie. Przeprowadzono próbe badania charakterystycznej wytrzymałości na rozciąganie pręta kompozytowego. W wyniku badań dodatkowo ustalono sposób wyodrębnienia z pręta kompozytowego pojedynczego „rovingu” i wyznaczono jego charakterystyczną wytrzymałość na rozciąganie.

Dalsza część rozprawy dotyczy szeroko zakrojonych badań własnych. Przeprowadzono badania na elementach próbnych wykonanych z cegły współczesnej poddanych działaniu sił ściskających i ścinających według odpowiednich norm europejskich oraz badania normowe wytrzymałości muru na ukośne rozciąganie przy ściskaniu, które prowadzono zgodnie z normą amerykańską ASTM 519E. Badania realizowano na elementach murowych niewzmocnionych oraz elementach murowych jednostronnie i dwustronnie powierzchniowo wzmocnionych siatką z włókien PBO na gotowej zaprawie systemowej. Dla każdego rodzaju elementów próbnych opisano sposób zachowania się wzmocnienia w trakcie badań. Wyniki badań zestawiono w tabelach i porównano. W przypadku elementów próbnych z cegieł historycznych wyniki badań porównano również z rezultatami uzyskanymi przez niewzmocnione elementy próbne wykonane z cegły współczesnej. Opisano również badanie eksperymentalne muru zginanego w płaszczyźnie przypowierzchniowo wzmocnionego w bruzdach prętami kompozytowymi GFRP  $\varnothing$  8 na gotowej zaprawie naprawczej. Dodatkowo w ramach eksperymentu przeprowadzono normowe badania charakterystycznej wytrzymałości na ściskanie elementów próbnych wykonanych z cegieł historycznych, w tym z cegły neogotyckiej (wykonanej współcześnie z zastosowaniem dawnej metody wytwarzania), z rozbiórkowej cegły renesansowej oraz rozbiórkowej cegły z lat 20-30 ubiegłego stulecia. Elementy te nie były poddawane powierzchniowemu wzmocnieniu.

Ostatni rozdział pracy poświęcono autorskim badaniom eksperymentalnym na dwóch pełnowymiarowych ścianach wymurowanych ze współczesnej cegły ceramicznej na gotowej zaprawie historycznej TWM. Ściany wymurowano na wzór wewnętrznych ścian nośnych zabytkowego osiedla „Nikiszowiec” w Katowicach. Analizowano wpływ wzmocnienia powierzchniowego i przypowierzchniowego na nośność oraz deformacje ściany z otworem okiennym opartej na uginającej się konstrukcji. Badania realizowano dwuetapowo. Najpierw ściany obciążano z jednoczesnym uginaniem belki podatnej aż do chwili ich uszkodzenia, a następnie uszkodzone ściany wzmocniono i ponownie poddano badaniu.

Jedną ścianę wzmocniono powierzchniowo siatką z włókien PBO na zaprawie systemowej, natomiast drugą ścianę wzmocniono przypowierzchniowo prętami kompozytowymi GFRP  $\varnothing$  6 na tej samej zaprawie. Badanie wzmocnionych ścian prowadzono do wyczerpania ich nośności. Za pomocą zamontowanej na powierzchni ścian wzmocnionych i niewzmocnionych aparatury pomiarowej oraz systemu obciążenia rejestrowano obciążenie, przemieszczenia, ugięcie i kąty deformacji poprzecznej. Zaobserwowane uszkodzenia dokumentowano graficznie i fotograficznie. Na podstawie przemieszczeń punktów węzłowych siatki baz pomiarowych

wygenerowano wykresy zależności obciążenia, ugięcia i kąta deformacji poprzecznej. Odczytane wyniki zestawiono w tabelach i przeanalizowano.

Badania potwierdziły skuteczność zastosowanego powierzchniowego wzmocnienia ścian zginanych w płaszczyźnie siatką PBO MESH GOLD systemu RUREDIL na proponowanej zaprawie naprawczej. Wzmocnienie ścian zginanych w płaszczyźnie przypowierzchniowo prętami kompozytowymi GFRP  $\varnothing$  6 na proponowanej zaprawie naprawczej uznano za perspektywiczne. Ze względu na ognioodporność w naprawie przypowierzchniowej rys zamiast prętów z włókien szklanych w podsumowaniu wniosków zaproponowano zastosowanie ognioodpornych prętów bazaltowych, z zastrzeżeniem, że wymaga to przeprowadzenia pogłębionych badań.

Dariusz Sanewski

Olsztyn, dn. 04.09.2024 r.