

dr inż. Dariusz Bajno<sup>1)</sup>

# Trwałość i bezpieczeństwo użytkowania pozostałości średniowiecznych fortyfikacji

## *Durability and utility protection of medieval fortifications*

DOI: 10.15199/33.2015.05.10

(Studium przypadku)

**Streszczenie.** Mury obronne, będące pozostałością dawnych fortyfikacji, są obecnie ogólnodostępnymi zabytkami użytkowymi i jednocześnie pełnowartościowymi obiektami budowlanymi w rozumieniu Ustawy [5]. W artykule, w dużym skrócie, omówiono problemy związane z utrzymaniem tych budowli, dla których nie jest możliwe wypracowanie uniwersalnych metod wzmacniająco-naprawczych. Za przykład posłużyły pozostałości dwóch średniowiecznych murów obronnych Opola i Koźła.

**Słowa kluczowe:** fortyfikacje, mury, wzmacnianie, monitoring, eksploatacja.

**Abstract.** Curtain walls, which exist as a remains of former fortifications are in most of cases accessible listed objects nowadays, but also a standard value building objects within the meaning of the Act [5]. In the paper, in a big shorten, problems with maintenance of these objects has been presented, where using an universal strengthen and repair methods is impossible. As an example, the paper presents two medieval fortifications, curtain wall in Opole and Koźle.

**Keywords:** fortifications, curtain walls, strengthening, monitoring, exploitation.

Okres, w którym obiekt zachowuje swoje właściwości użytkowe, jest miarą jego trwałości. Trudno obecnie ocenić wartość użytkową średniowiecznych fortyfikacji, które w założeniach swoich „twórców” miały przyjmować na siebie szczególne obciążenia wyjątkowe i z których doskonale się wywiązały, natomiast niezupełnie oparty się obciążeniom środowiskowym, a także ingerencji człowieka. Ich czas świetności zakończył się w momencie, kiedy przestały pełnić funkcje obronne i rozpoczął się etap naturalnej degradacji będącej wynikiem zaniedbań oraz działań inwazyjnych. Obecnie, obiekty te są nadal powszechnie uznawane za trwałe i masywne, tworzące zwartą i spójną całość.

### Rozwiązania stosowane w murach obronnych

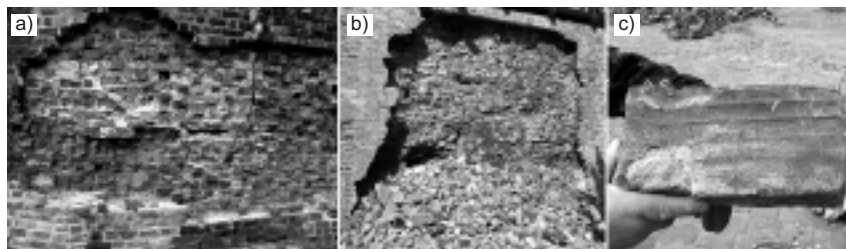
Mury obronne Koźła wzniesiono w XIV wieku z cegły palonej (fotografia 1a i 2a), natomiast mury obronne Opola z przełomu XIII i XIV w. wykonano z kamienia i cegły, tj. z materiałów, które były wówczas

głównym budulcem odpowiedzialnych budowli (fotografia 1b, 2b i 2c). Kamień był materiałem tańszym i łatwiej dostępnym, natomiast cegła była sztucznie wytwarzanym i zazwyczaj sprowadzanym wyrobem ceramicznym.

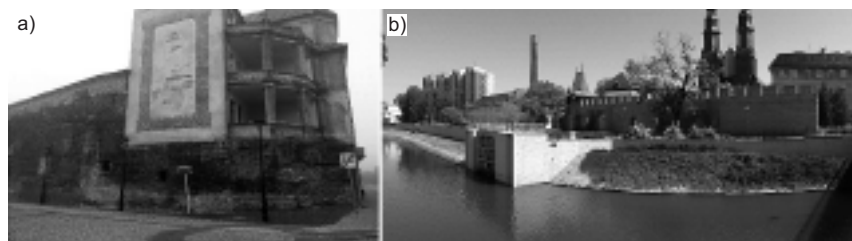
### Krótką charakterystyka badanych murów obronnych

Konstrukcja murów nie stanowiła jednolitej bryły (fotografia 2b), ponieważ składała się z trzech oddzielonych od siebie części: dwóch zarysowanych, spękanych (fo-

tografia 3) i zdeformowanych warstw lico-nych (odchylonych od pionu nawet o 22 cm) oraz wypełniającego wnętrze gruzu kamiennego (wapiennego) [1], tworzącego sztywny rdzeń. Mury obronne, będące odśloniętymi konstrukcjami, powinny bezpiecznie przenosić obciążenia środowiskowe, użytkowe, a także obciążenie nazioziemem (w tym dynamiczne) [1]. W marcu 2012 r. ich północno-wschodni fragment uległ uszkodzeniu (fotografia 2b) wskutek braku wiązań w warstwach oraz posadowienia „bezpośredniego” na głębokości ok.



**Fot. 2. Budowa murów:** a) cegła; b) cegła i kamień wapienny; c) cegła tzw. palcówka  
Photo 2. Walls during construction: a) brick, b) brick and limestone, c) brick with a frog made with fingers



**Fot. 1. Widok murów obronnych:** a) Koźła; b) Opola  
Photo 1. A view of curtain walls: a) of Koźle; b) of Opole

2,0 m ppt. (warstwa nośna gruntu znajdowała się na głębokości 5,7 ÷ 7,0 m ppt). Mury zostały przebudowane w okresie od XIII do XVIII w. i dostosowane do bieżących potrzeb [2], natomiast w XIV wieku wzmocniono je zewnętrznymi przyporami, ze względu na problemy dotyczące stabilności i posadowienia.

Mury Koźła posadowiono na stabilnym gruncie ok. 3,3 m ppt., na kamiennych fundamentach. Na przełomie XIX i XX wieku zostały one nadbudowane eksploatawa-

<sup>1)</sup> Naczelna Organizacja Techniczna w Opolu; e-mail: not@not.opole.pl



Fot. 3. Dokumentacja termowizyjna muru: a) pęknięcie konstrukcyjne; b); c) miejsca intensywnie występującej wilgoci

Photo 3. A thermovision documentation of curtain wall: a) a structural crack; b); c) locations of intensive moisture

nymi do dnia dzisiejszego kamienicami (fotografia 1a). Badanie muru wykazało bardzo małą wytrzymałość cegieł (5 MPa) oraz dużą ich wilgotność (ok. 14%).

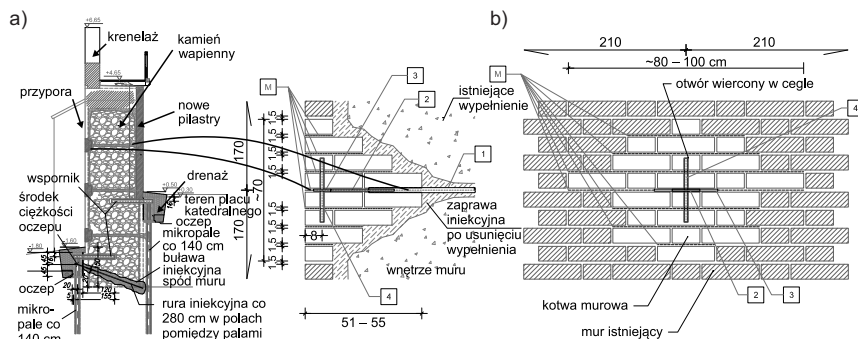
### Przyczyny destrukcji murów konstrukcji obronnych

Trwałość wbudowanych w konstrukcje materiałów ceramicznych zależy od ich wytrzymałości, porowatości, mrozoodporności oraz właściwości użytych zapraw. Czynnikiem wpływającym destrukcyjnie na mury jest m.in. woda opadowa, gruntowa lub użytkowa [3]. W omawianych przypadkach, główną przyczyną intensywnego zawilgocenia murów były wody infiltracyjne uszkadzające strukturę murów wskutek zamarzania, krystalizacji rozpuszczonych w nich soli (chlorków, siarczanów oraz azotanów [3]) oraz zanieczyszczone powietrze zawierające spaliny wydzielane przez: pojazdy, domowe paleniska oraz przemysł. W związku z tym, że mury obronne są liniowymi obiektami nieposiadającymi dylatacji, bezpośrednio przekłada się to na występujące w nich defekty.

### Rozwiązania naprawcze

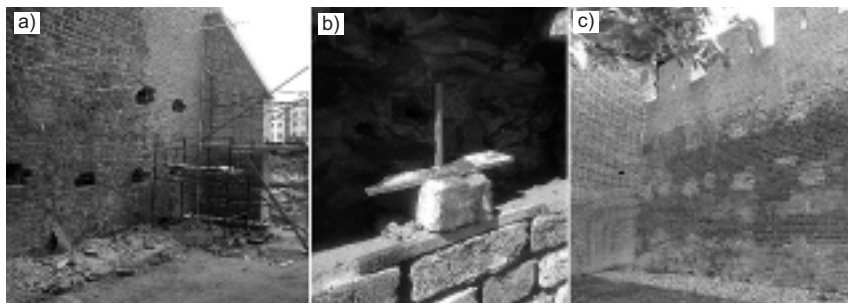
Wyniki przeprowadzonych badań i obliczeń potwierdziły wystarczającą nośność oraz stabilność posadowienia murów zamku kozielskiego. Ponadto wskazały na realne zagrożenie dalszymi awariami, w tym katastrofą budowlaną murów Opola (fotografia 2a, 2b i 3a), a jednocześnie na możliwość zapewnienia im stabilności przez przywrócenie wewnętrznych wiązań oraz poprawę warunków posadowienia (rysunek) [1, 4]. Wykonano niewidoczne od zewnątrz scalenie muru w warstwach okładzin zewnętrznych, a zarysowania i pęknięcia przemurowano cegłą oraz „zszyto” prętami ze stali nierdzewnej (fotografia 4).

W miejscu rozebranego w 2008 r. budynku mieszkalnego, stabilizującego mur, wprowadzono masywną przyporę ceglana. W celu zabezpieczenia muru przed wodami opadowymi (infiltracyjnymi) wyko-



Szczegół wzmocnienia muru: a) przekrój, b) kotwa murowa: pręt  $\varnothing 24$  (1), blacha kotwiąca (2)(3), stalowy bolec kotwiący (4), siatka kompozytowa na zaprawie mineralnej (M)

A detail of single wall strengthen: a) cross section; b) masonry wall anchor:  $\varnothing 24$  bars (1), anchor plate (2,3), steel anchor bolt (4), composite mesh on mineral mortar (M)



Fot. 4. Wzmocnienie muru: a) otwory przyszłych zakotwień; b) kotwa murowa; c) ściana po wykonaniu oporów

Photo 4. Wall strengthen: a) openings for future anchors; b) wall anchor; c) curtain wall after performing brick resistances

nano obustronny drenaż (rysunek). Powstały 8-metrowy ubytek ściany (fotografia 2b) uzupełniono oryginalnymi cegłami (po ich oczyszczeniu) na zaprawach, o właściwościach zbliżonych do użytych pierwotnie [2] i wzmocniono wewnętrznymi pilastrami.

Wzmocnienie posadowienia wykonano przez wprowadzenie mikropali  $\varnothing 22$  cm w rozstawie 140 cm, osadzając je w warstwie margla, na głębokości 6,5÷8,5 m ppt. i zwieńczono żelbetowym oczepek (rysunek a). Pomiedzy oczepek a istniejące lico muru wprowadzono pasy folii tłoczonej, mające umożliwić ruch powietrza w strefie przysięciennej, a tym samym migrację wilgoci na zewnątrz. Spód fundamentu wzmocniono (scalono) buławami iniekcyjnymi.

### Podsumowanie

Każdy eksploatowany obiekt budowlany, w tym zabytkowy, należy utrzymywać we właściwym (bezpiecznym) stanie technicznym [5], co bezpośrednio przekłada się na jego trwałość. Każda nieprzemysłana ingerencja w strukturę zabytku może zagrozić bezpieczeństwu i jednocześnie obniżyć jego autentyczność [1]. Obiekty zabytkowe należy stale monitorować, nie dopuszczając do wy-

konywania w ich najbliższym otoczeniu robót lub innych czynności mogących stanowić zagrożenie. Żywotność murowanych budynków i budowli ocenia się na 100 ÷ 150 lat. Przedmiotowe obiekty, osiągając wiek ok. 700 lat, znacznie przekroczyły wskazane progi trwałości i mogą być nadal bez przeszkód eksploatowane pod warunkiem sprawowania nad nimi właściwej opieki [1, 5].

### Literatura

- Fotografie i rysunki – Autor
- [1] Bajno D., 2013. Rewitalizacja konstrukcji budowlanych w obiektach zabytkowych. UTP Bydgoszcz.
  - [2] Małachowicz M., 2012. Wyniki badań architektonicznych murów obronnych przy ul. ks. Stefana Baldego w Opolu.
  - [3] Domasławski W., 2004. Badania nad konserwacją murów ceglanych. Wydawnictwo UMK. Toruń.
  - [4] PN-81/B-03020. Posadowienie bezpośrednie budowli.
  - [5] Ustawa z 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane.

Otrzymano 03.01.2015 r.