

Tomasz Nowak\*, Jerzy Jasieńko\*, Łukasz Bednarz\*, Lech J. Engel\*\*, Danuta Wala\*

## Analiza przyczyn uszkodzeń gzymsów bloku wieżowego gotyckiej bazyliki w Kołobrzegu

### Analysis of the causes of damage to cornices on the gothic tower block of the basilica in Kołobrzeg

**Słowa kluczowe:** beton, obiekt zabytkowy, remont

**Key words:** concrete, heritage building, renovation

#### 1. WPROWADZENIE

Gotycka bazylika pw. Wniebowzięcia Najświętszej Marii Panny w Kołobrzegu (ryc. 1) jest obiektem o znacznej wartości historycznej, wpisanym do rejestru zabytków w 1956 roku [1]. Stanowi ona jeden z najważniejszych symboli miasta, a jej sylwetkę umieszczono m.in. we wprowadzonym w 2005 roku logo miasta [2]. Od 1972 roku bazylika pełni funkcję konkatedry diecezji koszalińsko-kołobrzesckiej. 10 czerwca 1986 roku papież Jan Paweł II podniósł kołobrzeską konkatedrę do godności Bazyliki Mniejszej [3].

Kościół jest orientowany, czyli zwrócony częścią prezbiterialną, mieszczącą ołtarz główny, na wschód. Budynek kościoła jest halowy, 5-nawowy, o długości naw około 36 m i szerokości gabarytu 43 m. Prezbiterium jest wydzielone, zamknięte od wschodu trójbocznie, o głębokości ok. 22 m.

Od strony zachodniej znajduje się masywny blok wieżowy (ryc. 2) – pierwotne dwie wieże połączono we wspólny blok o szerokości 33 m, długości 13 m i wysokości od poziomu ulicy do korony murów ok. 42 m, a do szczytu hełmu części środkowej bloku – 74 m. Blok wieżowy przekryty jest trzema dachami o konstrukcji stalowo-drewnianej.

W 2009 roku ukończony został remont gzymsów bloku wieżowego gotyckiej bazyliki w Kołobrzegu. Wiosną 2011 roku nastąpiło odspojenie licznych jego fragmentów (ryc. 3). Spadające części gzymsu stanowiły

#### 1. INTRODUCTION

The Gothic Basilica of the Assumption of the Blessed Virgin Mary in Kołobrzeg (fig. 1) is a valuable heritage monument and was added to the listed building register in 1956 [1]. The cathedral is one of the most important Kołobrzeg landmarks and its silhouette was incorporated in the town's logo in 2005 [2]. Since 1972 the Basilica has had the status of the Co-Cathedral of the Roman Catholic Diocese of Koszalin-Kołobrzeg. It was granted the title of Minor Basilica by Pope John Paul II on 10<sup>th</sup> June 1986 [3].

The church is oriented to the East, which means that its presbytery, containing the high altar face in this direction. The building consists of a five-nave hall, which is approximately 36 m long and 43 m wide. A 22 m long presbytery is separated out to the East and is enclosed on three sides.

A massive tower block is located to the West (fig. 2) – the two original towers were joined together to form one 33 m wide block, which is 13 m long and approximately 42 m high, when measured from street level to the wall crown and approximately 74 m to the top of the spire located in the middle of the block. The tower block is covered with three steel and timber roof structures.

Renovation of the Basilica's tower block cornices was completed in 2009. In the spring of 2011 numerous cornice elements debonded (fig. 3). Fragments falling down onto the street below posed a threat to the safety of passers-by, which is why delaminating cornice

\* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego,

\*\* CCI Sp z o.o. (Co. Ltd.), Długołęka

\* *Wroclaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering*

\*\* *CCI Sp z o.o. (Co. Ltd.), Długołęka*

**Cytowanie / Citation:** Nowak T., Jasieńko J., Bednarz Ł., Engel L.J., Wala D. Analysis of the causes of damage to cornices on the gothic tower block of the basilica in Kołobrzeg. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2015;42:7-17

**Otrzymano / Received:** 2015-02-21 • **Zaakceptowano / Accepted:** 2015-05-31

**doi:**10.17425/WK42KOLOBRZEG

*Praca dopuszczona do druku po recenzjach*

*Article accepted for publishing after reviews*



Ryc. 1. Fragment północnej elewacji bazyliki  
*Fig. 1. Northern façade of the Basilica*



Ryc. 3. Odspojone fragmenty gzymsu, w tym części z lat 60.  
*Fig. 3. Elements of the debonded cornices, including element from the 1960s*



Ryc. 4. Ubytki gzymsu wieży południowej po usunięciu odpajających się fragmentów  
*Fig. 4. Cavities in the cornices of the southern tower after removal of delaminating fragments*

istotne zagrożenie bezpieczeństwa, dlatego dodatkowo usunięto, poprzez skucie, odpajające się jego fragmenty (ryc. 4). W lutym 2012 roku gzymsy zostały zabezpieczone dodatkowo siatkami (ryc. 5). Celem prac badawczych było ustalenie przyczyn niszczenia betonowych gzymsów.

## 2. RYS HISTORYCZNY

Bazylika pomimo prawie całkowitego zniszczenia w 1945 roku, podczas oblężenia miasta, do dziś stanowi wizytówkę Kołobrzegu. Mimo że w rzeczywistości sama budowla w znaczącej części jest dwudziestowieczna,



Ryc. 2. Widok bloku wieżowego bazyliki od strony południowo-zachodniej  
*Fig. 2. The south-west view of the tower block of the Basilica*



Ryc. 5. Zabezpieczenie siatką gzymsu przed spadaniem odpajających się fragmentów  
*Fig. 5. Cornice covered with safety netting to prevent debonded fragments falling down into the street below*

fragments were hammered out and removed (fig. 4). In February 2012, cornices were additionally secured with safety netting (fig. 5). The aim of laboratory research was to determine the causes of the damage to concrete cornices of the Basilica.

## 2. HISTORICAL BACKGROUND

Even though the Basilica was almost entirely destroyed in 1945 during the siege of Kołobrzeg, it is today the city's most important landmark. Although the building itself is predominantly a 20<sup>th</sup> century structure,

wewnątrz zachowało się ogromnej wartości zabytkowe wyposażenie, m.in. (odlany z brązu w 1327 roku) siedmioramienny świecznik Jana Apengetera (ryc. 6), który jest jedynym w Polsce i jednym z pięciu na świecie zachowanych gotyckich kandelabrow [4]. Świecznik swoją formą nawiązuje do wizerunku żydowskiej menory. Siedem jego ramion symbolizuje siedem darów Ducha Świętego.

Do najcenniejszych, poza świecznikiem, elementów wyposażenia można również zaliczyć m.in. [4, 5, 6]:

- krucyfiks wykonany w 1330 roku z drewna dębowego w formie „drzewa życia”,
- odlaną z brązu w 1355 roku chrzcielnicę Jana Alarta (najprawdopodobniej kołobrzeskiego rzemieślnika),
- trzy ołtarze z drewna z przełomu XV/XVI wieku,
- mosiężny świecznik wiszący z 1420 roku nazwany, od nazwiska fundatorów, „koroną Holków”,
- drewniany świecznik wiszący „Korona Schlieffenhów”, który powstał w 1523 roku w warsztacie Mistrza Michała z Augsburga – twórcy ołtarza głównego w kościele Mariackim w Gdańsku.

Poniżej przedstawiono kalendarium związane z budową, zniszczeniami, remontami i naprawami bazyliki, opracowane na podstawie [2, 6, 7, 8]:

**koniec XIII w., początek XIV w.** – budowa obecnej bazyliki pod wezwaniem Wniebowzięcia Najświętszej Maryi Panny (Maria Gloriosa) jako kolegiaty i kościoła parafialnego. Wzniesiono trzynawową halę, prezbiterium i wieżę południową;

**początek XV w.** – w trakcie przebudowy kościoła powiększono do pięciu naw poprzez dobudowanie dwóch naw skrajnych, nazwanych od nazwisk fundatorów: nawą Badów (południowa) i nawą Holków (północna);

**1430** – dokończenie budowy wieży północnej;

**1450** – pokrycie dachu kolegiaty miedzią;

**koniec XV w.** – połączenie wieży południowej i północnej w jeden blok wieżowy;

**1523** – pokrycie hełmów wieżowych miedzią;

**1641** – spięcie filarów nawy elementami stalowymi (wystąpiło wzajemne przemieszczenie poziome);

**1646** – wymiana hełmu bloku wieżowego;

**1657** – w wyniku wybuchu Baszty Prochowej nad Parsętą, wskutek uderzenia pioruna, uszkodzona została południowa wieża kolegiaty;

**1718** – na wieży kolegiaty założono dzwon;

**1777** – uderzenie pioruna w wieżę kolegiaty. Osłabiona konstrukcja środkowego hełmu wieżowego w 1779 uległa awarii na skutek działania obciążenia wiatrem;

**1756–1763, 1807** – poważne wielokrotne zniszczenia kolegiaty na skutek działań wojennych podczas wojny siedmioletniej oraz w czasie czteromiesięcznego oblężenia twierdzy Kołobrzeg przez wojska napoleońskie;

**1887–1890** – kapitalny remont kolegiaty;

**1917** – miedzianą pokrycie dachu kolegiaty zdemontowano na cele zbrojeniowe, zastępując ją szarym łupkiem;



Ryc. 6. Siedmioramienny świecznik Jana Apengetera, odlany z brązu w 1327 roku

Fig. 6. Jan Apengeter's seven-arm candelabrum cast in bronze in 1327

the furnishing of the interior is of significant historical value as it includes preserved artefacts, such as (cast in bronze in 1327) Jan Apengeter's seven-arm candelabrum (fig. 6), which is the only one in Poland and one of only five Gothic candelabra preserved in the world [4]. The form of the candelabrum refers to the Jewish menorah. Its seven arms stand for the seven gifts of the Holy Spirit.

The most valuable elements of historical interior furnishing, apart from candelabrum referred to earlier, include [4, 5, 6]:

- a crucifix made of oak in a form of a tree of life, dating back to 1330,
- a baptismal font cast of bronze in 1355 by Jan Alart (probably a local artisan),
- three altars made of wood at the turn of the 15<sup>th</sup> century,
- a brass hanging candelabrum dating back to 1420, named after its funders the 'Holks' Crown',
- a wooden hanging candelabrum called the 'Schlieffens' Crown', made in 1523 in the workshop of Master Michael from Augsburg – who is also responsible for the high altar in St. Mary's church in Gdansk.

A chronological review of key dates relating to construction, destruction, renovations and repairs of the Basilica was compiled on the basis of [2, 6, 7, 8] and is presented below:

**end of the 13<sup>th</sup> century, beginning of the 14<sup>th</sup> century** – construction of the Basilica of the Assumption of the Blessed Virgin Mary (Maria Gloriosa) as a collegiate and parish church. A three-nave hall, presbytery and southern tower were constructed;

**beginning of the 15<sup>th</sup> century** – the church was extended to a five-nave building as two side aisles were added. They were named after their funders: the aisle of the Bads (the south-

- 1945** – całkowite zniszczenie kościoła przez artylerię w trakcie oblężenia miasta;
- 1946–1954** – prace zabezpieczające kościół;
- 1957** – przekazanie ruin kolegiaty Kościołowi katolickiemu;
- 1958** – odbudowa prezbiterium;
- lata 60.** – w bloku wieżowym wykonanie stropów masywnych i schodów, skotwienie ścian, a na najwyższej kondygnacji wykonanie tarasu widokowego. Nawę prowizorycznie zadaszono. W nawie kościoła i bloku wieżowym urządzono Muzeum Oręża Polskiego;
- 1974** – przekazanie budowli Kościołowi katolickiemu i odbudowa całego kościoła;
- 1975–1976** – wykonanie nowych sklepień nad nawami;
- 1982–1983** – odbudowa dachu nad nawami (ryc. 7);
- 1984–1985** – odbudowa dachów i hełmu nad blokiem wieżowym.

### 3. STAN TECHNICZNY GZYMSÓW

Blok wieżowy, powstały z połączenia dwóch wież pod koniec XV wieku, przykryty został dachami czterospadowymi, a w części środkowej wysokim hełmem z latarnią. Pokrycie dachów stanowi blacha miedziana na deskowaniu. Niewielkie i nieliczne przecieki zauważono w rejonie koszy dachowych. W tych przekrojach deskowanie pokrycia i krokwie dołem, oraz partia stropu żelbetowego są zawilgocone (ryc. 8).

Strop najwyższej kondygnacji (żelbetowy monolityczny – płyty krzyżowo zbrojone) wykonany został jako strop tarasu widokowego. Na warstwie betonu profilującego o spadkach w kierunku gzymsów ułożona została powłoka bitumiczna z jednej warstwy papy na lepiku. Strop na krawędziach muru przechodzi w gzymsy żelbetowe wokół bloku wieżowego. Stropy oraz gzymsy bloku wieżowego zostały wykonane w latach 60. XX wieku.

Zimą, najprawdopodobniej, na stropie najwyższej kondygnacji następuje zawiewanie śniegu przez otwory w połaciach dachowych (ryc. 9), jak i przez szczeliny między połaciami dachu i powierzchnią stropu. Woda, w wyniku topnienia śniegu, spływa po stropie na gzymsy. Gzymsy zabezpieczone zostały od góry warstwą papy oraz blachą miedzianą, jednak papa ułożona została w sposób umożliwiający penetrację pod nią wody i zawilgacanie materiału gzymsu.

W latach 60. XX wieku beton wykonywano wyłącznie na placu budowy, w betoniarkach. Nie przywiązywano należytej wagi do doboru składników mieszanki betonowej. Zatem wytrzymałość elementów betonowych, cechy fizyczne materiału sprzyjały obniżeniu trwałości. Beton gzymsu jest porowaty, znacznie zawilgocony i o małej wytrzymałości. Zbrojenie gzymsu jest częściowo skorodowane.

Przyczyną niszczenia gzymsów jest zawilgacanie skorodowanego betonu gzymsu wskutek opadów atmosferycznych. Niszczenie gzymsu może mieć dodatkowo przyczynę w zawiewaniu śniegu na strop pod poddaszem, przez otwory oświetlające i wentylujące w połaciach

ern one) and the aisle of the Holks (the northern one);

- 1430** – completion of the northern tower;
- 1450** – the church roof was completed with a copper covering;
- end of the 15<sup>th</sup> century** – the southern and northern towers were joined together to form one tower block;
- 1523** – the tower spires were covered with copper;
- 1641** – nave pillars were bonded together with steel elements as they were found to be shifting horizontally with respect to each other;
- 1646** – the spires of the tower block were replaced with new ones;
- 1657** – an explosion of the Gunpowder Tower caused by lightning damaged the southern tower of the collegiate;
- 1718** – a bell was installed in the church tower;
- 1777** – the collegiate tower was struck by lightning. The weakened structure of the central spire was damaged by strong winds in 1779;
- 1756–1763, 1807** – the church building was repeatedly seriously damaged as a result of military operations during the Seven Years' War and a four-month siege of Kołobrzeg by Napoleon's army;
- 1887–1890** – major renovation of the collegiate;
- 1917** – the copper covering of the collegiate roof was removed for military purposes and replaced by grey slate;
- 1945** – total destruction of the church by artillery fire during the siege of the town;
- 1946–1954** – remains of the church building secured;
- 1957** – The ruined collegiate handed over to the Catholic Church;
- 1958** – reconstruction of the presbytery;
- 1960s** – the following renovation works were completed: installation of solid ceilings and stairs in the tower block, walls were linked together with anchors, and a viewing platform was built on the top floor. The nave was covered with temporary roofing. The Museum of Polish Weaponry was located in the church nave and the tower block;
- 1974** – the church building was handed over to the Catholic Church, reconstruction of the church building started;
- 1975–1976** – new vaulted ceilings were built above the naves;
- 1982–1983** – reconstruction of the roof above the naves (fig. 7);
- 1984–1985** – reconstruction of the roof and spires on the tower block.

### 3. TECHNICAL CONDITION OF CORNICES

The tower block was created when the two church towers were joined together at the end of the 15<sup>th</sup> century.



Ryc. 7. Odbudowana w latach 80. stalowo-drewniana konstrukcja dachu nad nawami

*Fig. 7. The steel and timber roof structure covering the church naves was rebuilt in 1980s*



Ryc. 8. Miejscowe zawilgocenia współczesnego, pochodzącego z lat 60. XX wieku, stropu żelbetowego najwyższej kondygnacji, w środkowej partii bloku wieżowego

*Fig. 8. Contemporary damp found on the reinforced concrete structural ceiling of the top floor of the central part of the tower block, which dates back to the 1960s*

dachowych, a następnie topnienie śniegu i spływanie wody po pochyłościach stropu w kierunku gzymsów. Spływająca woda wpływa pod niewłaściwie położoną papę i blachę na gzymsie, wsiąka w pory gzymsu, gdzie zimą zamarza, rozsadzając gzyms. Wykonana w trakcie remontu warstwa szczelnej zaprawy utrudnia odparowanie wilgoci z gzymsu. W trakcie odwilży wiosennej odpajają się i spadają rozsegregowane fragmenty gzymsu, stwarzając zagrożenie bezpieczeństwa wokół obiektu.

#### 4. BADANIA LABORATORYJNE MATERIAŁU GZYMSU

##### 4.1. Opis próbek poddanych badaniom. Badania wstępne

Badaniom poddano pięć próbek uszkodzonych fragmentów gzymsu. W badanych próbkach wyróżniono następujące składniki:

- stary beton
  - barwa piaskowa,
  - największe ziarna kruszywa o wymiarze 20 mm,

It is covered with hip roofs and the central part has a tall spire with a lantern. The roofs are made of sheet copper on placed on roof sheathing. A few small leaks are to be found in the vicinity of roof valleys. The roof sheathing, lower parts of the rafters and the reinforced concrete floor were all found to have damp sections (fig. 8).

The structural ceiling of the top floor (made from monolithic reinforced concrete slabs with cross-cutting reinforcement) was constructed as a viewing platform. A bituminous coating consisting of a layer of bitumen roofing paper on pitch covered the concrete surface, which sloped in the direction of the cornices. The floor turns into cornices at the wall edges, encircling the tower block. The floor and cornices of the tower block date from the 1960s.

Most probably snow falls onto the top floor through openings in the roof slopes in winter (fig. 9), as well as through cracks between roof slopes and the floor surface. As the snow melts, water flows along the floor to the cornices. The top sides of the cornices have been secured with a layer of bitumen roofing paper and sheet copper, but these have been secured in a way that still permits water penetration and dampening of cornice material inside.

In the 1960s concrete was prepared at the building site, using concrete mixers. Insufficient consideration was given to appropriate selection of concrete mix ingredients. In terms of the resistance qualities of concrete elements, the poor physical quality of materials used resulted in lower durability. The concrete in the cornices is porous, significantly damp and characterized by low durability. Reinforcement of the cornices is partially corroded.

The causes of cornice damage relate to damp from rainwater corroding concrete. The destruction may additionally be caused by snow getting into the attic and onto the floor through illumination and ventilation openings in roof slopes. When the snow melts, water flows down the sloping floor towards the cornices. The water gets under the inappropriately installed bitumen roofing paper and sheet copper on the top of cornices and penetrates the pores of cornice concrete. In winter, the water in the cornices freezes and fragments the cornice. A layer of impenetrable mortar placed onto the cornices during the most recent renovations impedes evaporation of dampness. Separated cornice fragments delaminate during the spring thaw, and fall down to the street below posing danger to those in the building's surroundings.

#### 4. LABORATORY TESTING OF CORNICE MATERIAL

##### 4.1. Description of tested samples. Preliminary testing

Five samples of damaged cornices were tested. The following components were identified in the samples:

- old concrete
  - sand colour,
  - largest aggregate grains of 20 mm diameter,



Ryc. 9. Otwory oświetlające i wentylujące poddasze w połaciach dachu nad wieżą południową. Dach o konstrukcji stalowo-drewnianej. Widoczna stalowa konstrukcja zawiesia dzwonu

*Fig. 9. Illumination and ventilation openings in the roof slopes in the attic of the southern tower, showing the steel and timber roof structure. The bell suspension gear of the steel structure is visible*



Ryc. 11. Fragment próbki nr 3. Mocno porowaty stary beton, widoczne wtrącenia drewniane

*Fig. 11. Fragment of sample no 3 – highly porous old concrete, with visible wood intrusions*



Ryc. 10. Fragment próbki nr 2. Mocno porowaty stary beton, widoczne wtrącenia drewniane

*Fig. 10. Fragment of sample no 2 – highly porous old concrete with visible wood intrusions*



Ryc. 12. Fragment próbki nr 5. Mocno porowaty stary beton

*Fig. 12. Fragment of sample no 5 – highly porous old concrete*

- znacznie obniżone cechy mechaniczne – łatwe rozsegregowanie matrycy i kruszywa,
- mocno porowaty (ryc. 10, 11, 12),
- zawiera nieliczne wtrącenia drewniane (ryc. 10, 11);
- szara zaprawa
  - jednolita szara barwa,
  - duża wytrzymałość,
  - dobra adhezja do starego betonu,
  - przeciętnie pokrywa stary beton warstwą o grubości 2–5 mm;
- ciemnoszara zaprawa
  - jednolita barwa,
  - duża wytrzymałość,
  - stosowana przy dużych ubytkach,
  - dobra przyczepność do zaprawy szarej;
- biała zaprawa
  - jednolita barwa, biała, połyskliwa,
  - duża wytrzymałość,
  - stosowana od spodu gzymsu, kładziona na stary beton pokryty materiałem gruntującym;
- biała powłoka w cienkiej warstwie, kładziona na zaprawę konserwującą.

- mechanical properties considerably decreased – easy segregation of matrix and aggregate,
- highly porous (fig. 10, 11, 12),
- few wood intrusions (fig. 10, 11);
- grey mortar
  - homogenous grey colour,
  - high strength,
  - good adhesion to old concrete,
  - old concrete covered on average with the mortar layer of 2–5 mm;
- dark grey mortar
  - homogenous colour,
  - high strength,
  - used to fill in large cavities,
  - good adherence to grey mortar;
- white mortar
  - homogenous colour, white, glossy,
  - high strength,
  - applied to the bottom side of cornices onto impregnated old concrete;
- white shell applied as a thin layer on conservation mortars.

Zidentyfikowane w próbkach składniki można najprawdopodobniej odnieść do jednego z systemów naprawczych i reprofilujących spotykanych na rynku materiałów budowlanych.

Na wszystkich badanych próbkach pęknięcie przechodzi przez beton stary (ryc. 13). Na czterech próbkach pęknięcie przechodzi przez stary beton na głębokości 3–5 mm od naniesionych materiałów konserwujących (ryc. 13a, b, d, e). Jedynie na próbce nr 3 pęknięcie przechodzi przez stary beton w odległości około 4,5 cm od powierzchni zewnętrznej (ryc. 13c).

Reakcja świeżo odsłoniętego przekroju z roztworem wodnym HCl (1:3) była burzliwa, co wskazuje na dużą ilość węglanów w badanym materiale.

Obserwacje świeżych przekrojów po naniesieniu roztworu alkoholowego fenoloftaleiny:

- nie barwi starego betonu,
- po pewnym czasie (około 30 sekund) barwi na różowo zaprawy konserwujące (szara i ciemnoszara),
- natychmiast barwi na kolor różowo-buraczany białą zaprawę.

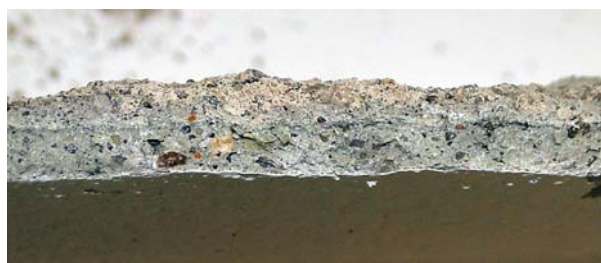
The components identified in the samples originate most probably from one of renovating and reprofiling systems currently available on the building materials market.

In all the samples tested, cracking runs through old concrete (fig. 13). In four samples, the crack in the old concrete is located at the depth of 3 – 5mm measured from the conservation materials coating (fig. 13a, b, d, e). Only in sample no 3, cracking in the old concrete is to be found approximately 4.5 cm from the outer surface (fig. 13c).

Reaction of the freshly uncovered section with water solution of HCl (1:3) was a violent one which suggests a large carbonate content in the tested material.

Observations of fresh sections coated with phenolphthalein alcohol solution were as follows:

- old concrete does not stain,
- after certain amount of time (approximately 30 sec) conservation mortars (grey and dark grey) stain pink,
- white mortar stains a pink-claret immediately.



a)



b)



c)



d)



e)

Ryc. 13. Fragmenty próbek gzymsu dostarczonych do badań, odpowiednio: a) próbka nr 1; b) próbka nr 2; c) próbka nr 3; d) próbka nr 4; e) próbka nr 5

Fig. 13. Fragments of cornice samples provided for testing: a) sample no 1; b) sample no 2; c) sample no 3; d) sample no 4; e) sample no 5, respectively

Wyciągi wodne z nad rozdrobnionego starego betonu (poniżej 0,1 mm) wykazują pH około 8. Dalszym badaniom poddano stary beton wydzielony z próbki nr 3 (ryc. 13c).

### 3.2. Badanie starego betonu

Badaniom poddano beton stanowiący część gzymsu, wydzielony z próbki nr 3. Beton zawiera kruszywo żwirowe o uziarnieniu 0–20 mm. Udział frakcji 8–20 mm stanowi około 10% składu betonu.

Gęstość właściwa oznaczona w kolbie Le Chateliera wynosi 2,6 g/cm<sup>3</sup>.

Metodą hydrostatyczną oznaczono ponadto:

- gęstość pozorną: 2,0 g/cm<sup>3</sup>,
- nasiąkliwość wagową: 9,22%,
- porowatość otwartą: 18,46%,
- porowatość całkowitą: 22,96%.

Ocenę składu betonu przeprowadzono zgodnie z instrukcją ITB 277/86, [10]. Metoda polegała na oznaczeniu gęstości pozornej betonu, ilości części nierozpuszczalnych w HCL (1:3) i zawartości składników przyłączonych w trakcie reakcji hydrolizy, hydratacji i karbonatyzacji spoiwa cementowego oraz wykonaniu odpowiednich obliczeń przy wykorzystaniu uzyskanych w badaniach danych. Przyjęto, że całkowita zawartość kruszywa w betonie jest równa zawartości w niej części nierozpuszczalnych w HCL. Oznaczenie zawartości w betonie związków przyłączonych w trakcie wiązania i twardnienia cementu (głównie H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) obliczono na podstawie strat prażenia w 1000°C, [11].

Zawartość części nierozpuszczalnych (kruszywo): 72,68%.

Zawartość części rozpuszczalnych: 27,32%

- straty prażenia: 10,54%,
- spoiwo: 16,78%.

W wyniku badania określono, że 1 m<sup>3</sup> betonu zawiera:

- 1455,8 kg kruszywa,
- 336,0 kg spoiwa,
- 211,1 kg (H<sub>2</sub>O+CO<sub>2</sub>) – związki przyłączone podczas wiązania spoiwa.

Ocenę składu fazowego zaczynu przeprowadzono zgodnie z instrukcją ITB 357/98 [12], w oparciu o oznaczenie strat prażenia w różnych zakresach temperatury.

Tab. 1. Oznaczenia strat prażenia badanego betonu w zależności od temperatury

| Zakres temperatur [°C] | 105–420   | 420–540  | 540–850  | 850–1000  |
|------------------------|---|--|--|---|
| Wydzielony związek     | H <sub>2</sub> O zawarte w krzemianach i glinianach | H <sub>2</sub> O zawarte w Ca(OH) <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> zawarte w CaCO <sub>3</sub> (wtórny) | CO <sub>2</sub> zawarte w CaCO <sub>3</sub> (pierwotny) |
| Straty prażenia [%]    | 1,322   | 0,963  | 8,090  | 0,165   |

Całkowita strata prażenia wynosi 10,54%. Uwodnione fazy cementu oddające wodę w zakresie temperatur

Water extracts from disintegrated old concrete (below 0.1 mm) have pH value of approximately 8. Old concrete separated out from sample no 3 was subjected to further examination (fig. 13c).

### 3.2. Testing of old concrete

Cornice concrete separated out from sample no 3 was subjected to further more detailed examination. The concrete was found to contain gravel aggregate with grains of 0–20 mm. The 8–20 mm fraction constitutes approximately 10% of concrete mix composition.

The specific density determined with Le Chatelier's flask was 2.6 g/cm<sup>3</sup>.

The hydrostatic method was used to determine:

- apparent density: 2.0 g/cm<sup>3</sup>,
- weight absorption: 9.22%,
- intercommunicating porosity: 18.46%,
- overall porosity: 22.96%.

The composition of the concrete mix was assessed in accordance with provisions of the ITB 277/86, [10]. The method involved determination of apparent density of concrete, amount of particulate matter insoluble in HCL (1:3) and amount of components added during hydrolysis, hydration and carbonatization reactions of cement binder. The data obtained through testing was then used in calculations. It was assumed that the overall content of aggregate in the concrete was equal to the amount of particulate matter insoluble in HCL contained within it. Determination of amount of compounds added during setting and hardening of cement (mainly H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) was calculated on the basis of losses during a roasting process at 1000°C, [11].

Content of insoluble particulate matter (aggregate): 72.68%.

Content of soluble particulate matter: 27.32%

- losses during roasting: 10.54%,
- concrete binder: 16.78%.

On the basis of the testing, it was determined that 1 m<sup>3</sup> of concrete contains:

- 1455.8 kg aggregate,
- 336.0 kg binder,
- 211.1 kg (H<sub>2</sub>O+CO<sub>2</sub>) – compounds added during the process of binding.

The assessment of phase composition of the cement paste was carried out in accordance with provisions of ITB 357/98 [12], on the basis of determination of losses in the roasting process in various temperature ranges.

Table 1. Roasting losses of concrete tested in relation to range

| Temperature range [°C] | 105–420  | 420–540   | 540–850  | 850–1000   |
|------------------------|--|---|--|--|
| Released compounds     | H <sub>2</sub> O contained in silicates and aluminates | H <sub>2</sub> O contained in Ca(OH) <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> contained in CaCO <sub>3</sub> (secondary) | CO <sub>2</sub> contained in CaCO <sub>3</sub> (primary) |
| Roasting loss [%]      | 1.322  | 0.963   | 8.090  | 0.165  |

The total roasting loss was 10.54%. The hydrated phases of the cement gave up water at temperatures of



105–420°C to: faza C-S-H, gliniany wapnia, glinosiarczan wapnia (etryngit, monosiarczan).

Skład fazowy zaczynu obliczony na podstawie strat prażenia może być obarczony znacznym błędem i ma charakter szacunkowy.

Tab. 2. Obliczony skład fazowy części rozpuszczalnych w kwasie solnym w betonie oraz w zaczynie

| Składnik                                    | % masowe |        |
|---|----------|--------|
|   | beton    | zaczyn |
| Ca(OH) <sub>2</sub>                         | 3,96     | 14,49  |
| CaCO <sub>3</sub> (wtórny)                  | 18,38    | 67,31  |
| CaCO <sub>3</sub> (pierwotny)               | 0,37     | 1,37   |
| Uwodnione krzemiany i glinokrzemiany wapnia | 4,60     | 16,83  |

105–420°C: C-S-H phase, calcium aluminates, calcium aluminosulphates (etryngit, monosulphate).

Unfortunately, the phase composition of cement paste calculated on the basis of roasting loss is only an estimation and may be inaccurate to a significant degree.

Table 2. Calculated phase composition of particulate matter soluble in hydrochloric acid contained in concrete and cement paste

| Component                                       | % of mass |              |
|---|-----------|--------------|
|   | concrete  | cement paste |
| Ca(OH) <sub>2</sub>                             | 3.96      | 14.49        |
| CaCO <sub>3</sub> (secondary)                   | 18.38     | 67.31        |
| CaCO <sub>3</sub> (primary)                     | 0.37      | 1.37         |
| Hydrated calcium aluminosilicates and silicates | 4.60      | 16.83        |

### 3.3. Wnioski z przeprowadzonych badań

Przedstawione wnioski dotyczą starego betonu stanowiącego część konstrukcyjną gzymsu i są następujące.

Charakterystyczna jest duża zawartość CaCO<sub>3</sub> w zaczynie oraz mała zawartość uwodnionych krzemianów i glinianów wapnia, co wskazuje na istotną utratę własności wiążących w zhydratyzowanym spoiwie. Odślonięte przekroje na odpadających fragmentach gzymsu potwierdzają prawie całkowitą utratę własności wiążących w zaczynie. Podczas rozdrobnienia betonu w moździerzu łatwo można oddzielić kruszywo od zaczynu.

Zaczyn w betonie uległ daleko posuniętej karbonatacji, a sam beton istotnemu zubożeniu. Wyciągi wodne z rozdrobnionego betonu wykazują pH około 8. W takich warunkach następuje szybka korozja zbrojenia (ryc. 14).

### 3.3. Conclusions from test results

The findings presented below describe the old concrete, which structurally makes up cornices of the Basilica.

A high amount of CaCO<sub>3</sub> in cement paste and low content of hydrated calcium aluminates and silicates indicates a significant decrease of the binding properties of the hydrated binder. Uncovered sections of debonded cornice fragments confirm a nearly total loss of binding properties of the cement paste. It is easy to separate out aggregate from the cement paste while breaking-up the concrete in a mortar.

Cement paste in the concrete has undergone extensive carbonatization and the concrete itself displays a significant neutralization. Water extracted from the broken-up concrete has a pH value of approximately 8. Such conditions result in rapid corrosion of the reinforcement (fig. 14).

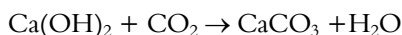


Ryc. 14. Fragment próbki nr 1

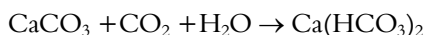
Fig. 14. Fragment of sample no 1

Warunki środowiskowe są dla betonu gzymsów niekorzystne. Dostęp wody deszczowej (woda miękka, zawierająca agresywny CO<sub>2</sub> może okresowo mieć własności kwaśne). W tych warunkach występuje korozja ługująca, kwasowa i węglanowa. Skład skorodowanego betonu wskazuje na istotne znaczenie korozji węglanowej.

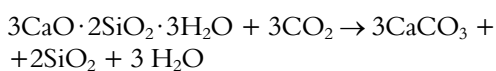
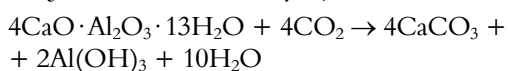
Poniżej przedstawiono podstawowe reakcje powodujące korozję węglanową betonu.



Trudno rozpuszczalny węglan przechodzi w łatwo rozpuszczalny wodorowęglan.



Korozja węglanowa powoduje karbonatyzację wszystkich składników betonu (powstają związki nie posiadające własności wiążących):



Duża porowatość otwarta (około 18,5%) skorodowanego betonu wskazuje na wymycie z jego struktury części składników rozpuszczalnych.

#### 4. PODSUMOWANIE

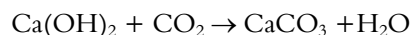
Na podstawie badań laboratoryjnych i analizy stanu gzymsu bloku wieżowego, które przeprowadzono w 2012 roku, stwierdzono, że gzymsy są w stanie tak złym, że nie kwalifikują się do dalszej eksploatacji, jak i naprawy. Przyczyną zniszczeń było pierwotne wykonanie gzymsu z betonu niskiej klasy, który uległ procesowi karbonatyzacji, wspomaganemu zawilgoceniem w wyniku opadów atmosferycznych i niewłaściwie ułożoną izolacją.

Zastosowanie procedury naprawczej czy konserwatorskiej bez właściwej, badawczej oceny materiału istniejącego gzymsu nie jest postępowaniem prawidłowym z punktu widzenia uzyskania spodziewanych efektów w aspekcie trwałości i z reguły jest przyczyną przyspieszonej destrukcji. Skorodowany, bardziej porowaty – skarbonatyzowany materiał pierwotny został zamknięty nową wyprawą wierzchnią o niższej porowatości, co w przypadku migracji wilgoci w materiale oryginalnym oraz zamarzania wody w okresach zimowych może prowadzić do odspajania nowych materiałów konserwatorskich na styku „nowa wyprawa – skorodowany materiał oryginalny”.

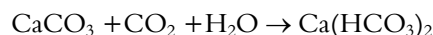
Uogólniając, prawidłowe podejście do konserwacji struktur materiałów i powierzchni powinno zawsze wiązać się z pełnym rozpoznaniem cech mechanicznych i fizykochemicznych substancji oryginalnej, określeniem wszelkich przyczyn zaistniałych destrukcji. To działanie ma w konsekwencji ma służyć właściwemu doborowi rozwiązań konserwatorskich w zakresie ewentualnych nowych materiałów, w pełni kompatybilnych pod względem, fizycznym, chemicznym, mechanicznym z właściwościami substancji oryginalnej.

Atmospheric conditions have had an adverse effect on the concrete making up the cornices. Rainwater entering the concrete (soft water, containing aggressive CO<sub>2</sub> may have periodically generated acid properties). In such conditions caustic, acid and carbonate corrosion occurred. The composition of the corroded concrete indicates that carbonate corrosion has had a significant impact.

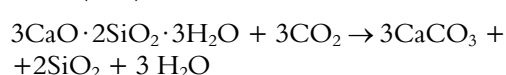
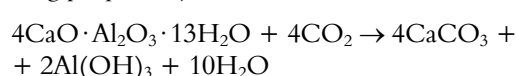
Basic reactions causing carbonate corrosion of concrete are presented below.



Slowly soluble carbonate turns into a readily soluble bicarbonate.



Carbonate corrosion causes carbonatization of all concrete components (generating compounds with no binding properties):



High intercommunicating porosity (approximately 18.5%) of corroded concrete indicates that a portion of its soluble components has been washed out.

#### 4. CONCLUSION

Laboratory testing and analysis of the conditions of the tower block cornices renovated in 2012 indicates that their technical condition disqualifies them from further use or renovation. The causes of such damage include low quality materials used in the original construction of the cornices which have subsequently undergone a process of carbonatization, combined with damp caused by rainwater and faulty installation of damp-proofing.

Carrying out renovation or conservation work without prior scientific analysis of the material make-up of the existing cornices is an inappropriate approach as it typically results in a failure to achieve the expected durability of effects and may accelerate destruction of structures of interest. Corroded, highly porous and carbonated original material was enclosed by new surface rendering characterized by lower porosity. With damp entered into the original material and water freezing during winter season, debonding of the new conservation materials is likely at the interface of the ‘new mortar – corroded original material’.

An overall conclusion is that the most appropriate approach to conservation of structural materials and surfaces should always be based on a full assessment of the mechanical and physico-chemical properties of the existing material aimed at determining the causes of the damage to be repaired. The consequence of such actions is the requirement to select conservation solutions involving new materials that are fully compatible with the existing materials in terms of physical, chemical and mechanical properties.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Wykaz zabytków nieruchomych wpisanych do rejestru zabytków – stan na 31 grudnia 2014 r., woj. zachodniopomorskie, [http://www.nid.pl/pl/Informacje\\_ogolne/Zabytki\\_w\\_Polsce/rejestr-zabytkow/zestawienia-zabytkow-nieruchomych/31.12.2014/ZPO-rej.pdf](http://www.nid.pl/pl/Informacje_ogolne/Zabytki_w_Polsce/rejestr-zabytkow/zestawienia-zabytkow-nieruchomych/31.12.2014/ZPO-rej.pdf) (access 20.02.2015).
- [2] <http://www.kolobrzeg.pl/miasto/symbole-miasta-kolobrzeg/logo-miasta> (access 20.02.2015).
- [3] <http://www.bazylika.kolobrzeg.pl> (access 20.02.2015).
- [4] Śmigielski R. Kołobrzeg – Przewodnik Milenijny. Agencja Usługowo-Handlowa Max, Kołobrzeg, 2005.
- [5] Kochanowska J. Perły Pomorza. Oficyna In Plus, Szczecin, 2011.
- [6] Kroczyński H. Dzieje Kołobrzegu – kalendarium od czasów najdawniejszych do roku 1945. Kołobrzegskie Towarzystwo Społeczno-Kulturalne, Kołobrzeg, 2000.
- [7] Gasztold T., Kroczyński H., Rybicki H. Kołobrzeg. Zarys dziejów. Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, 1979.
- [8] Lesiński H. (ed.) Dzieje Kołobrzegu (X-XX wiek). Biblioteka Słupska, tom XIV. Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, 1965.
- [9] Jasięńko J., Nowak T., Bednarz Ł., Engel L., Wala D. Causes of secondary damage to the cornices of the tower block of the Gothic Basilica in Kołobrzeg (Poland). In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Protection of Historical Constructions – PROHITECH'14, Antalya – Turkey, 2014, 611-616.
- [10] Instrukcja 277/86 ITB. Instrukcja określenia składu stwardniałego betonu.
- [11] Jasięńko J., Moczko M., Moczko A., Wala D. Beton Hali Stulecia (UNESCO List) we Wrocławiu. Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation 2011;30:168-176.
- [12] Instrukcja 357/98 ITB. Badania składu fazowego betonu.

---

## Streszczenie

W pracy przedstawiono badania i analizy, których celem było ustalenie przyczyn uszkodzeń nowo wykonanych gzymsów bloku wieżowego gotyckiej bazyliki w Kołobrzegu. Bazylika została wzniesiona na przełomie XIII i XIV wieku, jednak uległa prawie całkowitemu zniszczeniu w 1945 roku podczas oblężenia miasta. Budynek stanowi jeden z najważniejszych symboli miasta. Jego sylwetka znajduje się w logo miasta. Dwa lata po przeprowadzonym remoncie, m.in. gzymsów, nastąpiło odspojenie się licznych ich fragmentów. Spadające z wysokości ponad 40 metrów na ulicę części gzymsu stanowiły istotne zagrożenie bezpieczeństwa. Przyczyną zniszczeń było pierwotne wykonanie gzymsu z betonu niskiej klasy, który uległ procesowi karbonatyzacji. Proces destrukcji wspomagany był zawilgoceniem w wyniku opadów atmosferycznych i niewłaściwie położoną izolacją. Zastosowanie procedury naprawczej bez właściwej oceny badawczej materiału istniejącego gzymsu nie jest postępowaniem prawidłowym z punktu widzenia uzyskania spodziewanych efektów w aspekcie trwałości i z reguły jest przyczyną przyspieszonej destrukcji. Skorodowany (porowaty, skarbonatyzowany) materiał pierwotny został zamknięty nową wyprawą wierzchnią o niższej porowatości, co w przypadku migracji wilgoci w materiale oryginalnym oraz zamarzania wody w okresie zimowym może prowadzić do odspajania nowych wypraw na styku „nowa wyprawa – skorodowany materiał oryginalny”.

## Abstract

The paper presents results of laboratory testing and analyses undertaken to determine the causes of damage to cornices on the tower block of the Gothic cathedral in Kołobrzeg, which were only recently renovated. The cathedral was built at the turn of the 13<sup>th</sup> century. It was almost entirely destroyed in 1945 when the town was besieged. The cathedral building is one of the most important Kołobrzeg landmarks. Its silhouette has been incorporated into the logo of the town. Two years after renovation, which included cornices, a debonding of numerous elements has taken place. Cornice fragments falling 40 m down onto the street below threatened the safety of passers-by and traffic. Damage occurred because the cornices were made of poor quality concrete, which had undergone a carbonitisation process. Damage was exacerbated additionally by damp caused by rainwater and faulty installation of damp-proofing. Undertaking renovations without first carrying out an appropriate materials analysis of existing cornices is an incorrect approach as it does not lead to achieving expected durability of results and may accelerate damage of structures of interest. Corroded (porous, carbonated) original material was enclosed by a new surface rendering characterized by lower porosity, which when subjected to dampness migration in the original material and water freezing during winter season, may have led to a debonding of the new mortar at the interface of ‘new mortar – corroded original material’.