Jarosław Malesza, Czesław Miedziałowski, Mikołaj Malesza*

Techniczne aspekty odbudowy i utrzymania obiektów zespołu pokamedulskiego w Wigrach

Technical aspects of reconstruction and preservation of the former Camaldolese monastery in Wigry

Słowa kluczowe: Wzgórze Wigierskie, budynki i konstrukcje wzgórza, uszkodzenia i deformacje, stan techniczny, monitorowanie przemieszczeń, badania i zabezpieczenia

Key words: Wigry Hill, buildings and structures of the Hill, damage and deformation, technical condition, displacement monitoring, research and protection

1. WPROWADZENIE

Restauracja i odnowa budynków i konstrukcji wymaga od inżyniera zajmującego się tymi zagadnieniami rzeczywistej wiedzy i rozumienia historycznego okresu, teorii i praktyki konstrukcyjnej, która była podstawą i źródłem oryginalnej konstrukcji i jej powstawania. Wymaga to ponadto wiedzy inżyniera na temat ówczesnych technik naprawczych i rekonstrukcyjnych. Celem zachowania konstrukcji zabytkowych budowli historycznych dla przyszłych pokoleń inżynier bardzo często musi wybierać między niezgodnością z aktualnymi sztywnymi przepisami normowymi i aktami prawnymi a powrotem do czasów, kiedy powstawała oryginalna koncepcja i zamysł budowli, jej projekt i realizacja oraz utrzymanie [9]. Nowe metody wprowadzane w ramach rozwiązań inżynierskich zawierają badania, analizę modelową i proces realizacji w celu poszerzenia wiedzy i rozpoznania przestrzeni konstrukcyjno-geotechnicznej jako rzeczywistej bazy dla budowli historycznej [10].

Współczesne modele numeryczne mogą dać poprawne wyniki bazując jedynie na rzeczywistych danych dotyczących konstrukcji. Z drugiej strony murowa konstrukcja historyczna musi być badana przy zastosowaniu zaawansowanych studiów historycznych. Obok wirtualnych analitycznych metod modelowania, rekonstrukcja zabytkowej budowli murowej wymaga głębokiej wiedzy historycznej o budowli [3].

Niektóre pęknięcia zabytkowej konstrukcji murowej powinny być naprawiane przez stosowanie materiałów opartych na wapnie hydraulicznym, co proponuje Baltazar i in. [1]. Oddziaływanie warunków środowiskowych na trwałość konstrukcji murowej wykonanej z cegły ceramicznej omawia

1. INTRODUCTION

Restoration and renovation of buildings and associated structures demands that the engineer gains not only knowledge of the relevant historic period, but also a genuine understanding of the construction theory and practice, which provided the basis for construction of the original structure. Moreover, the engineer must gain an appreciation also for the repair and reconstruction techniques of the time. Preservation of historic monuments and structures for future generations often forces the engineer to choose between not complying rigidly with prevailing norms and regulations and reverting to the original conception and design of the building and how it was to be maintained [9]. New methodologies introduced to frame engineering solutions include research, modeling and implementation techniques, and are aimed at increasing understanding of the structural and geotechnical space as a basis for historic building restoration [10].

Contemporary numerical models can only provide useful results, if they are supplied with data relating to the original construction. On the other hand, advanced historical research methods must be applied to analyse the masonry of historic structures. This is because application of analytical modeling methods to reconstruction of the masonry of a historic building requires thorough understanding of the history of the building in question [3].

Some of the cracks in historic masonry structures should be repaired using hydraulic lime materials as proposed by Baltazar et al. [1]. The relationship between environmental conditions and durability of masonry brick structures is dis-

* Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45a, 15-351 Białystok
j.malesza@kmb.pb.edu.pl;
c.miedzialowski@pb.edu.pl;
m.malesza@wp.pl

* *Białystok Technical University, ul. Wiejska 45a, 15-351 Białystok*
j.malesza@kmb.pb.edu.pl;
c.miedzialowski@pb.edu.pl;
m.malesza@wp.pl

Praca dopuszczona do druku po recenzjach *Article accepted for publishing after reviews*

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

praca [8]. Zmieniające się warunki środowiskowe, takie jak nawilgacanie/osuszanie, krystalizacja soli w wyniku podnoszenia i obniżania się poziomu wody gruntowej, jak również relatywna wilgotność powietrza odgrywają destruktywną rolę w obniżaniu jakości, prowadząc do rosnącej destrukcji ścian murowanych. Modelowanie konstrukcyjne i monitorowanie są ważne dla opisu i wyboru optymalnych rozwiązań wzmacniających. Według Roki [17] model obliczeniowy umożliwia również symulację efektów interwencji technologicznych związanych z naprawami i wzmocnieniami. Z drugiej strony, monitorowanie prowadzone podczas i po zakończeniu interwencji weryfikuje adekwatność zachowań zastosowanego wzmocnienia.

Badania budowli historycznej powinny być prowadzone w trzech etapach: diagnoza, ocena bezpieczeństwa i projekt interwencji [18]. Dostarczą one koncepcji i metodologicznie głównych kierunków do uzyskania uzasadnionych technicznie i naukowo efektów napraw i wzmocnień. Badania osiadań pionowych wymagają dokładnych technik monitorowania przemieszczeń. System monitorujący śledzący odpowiedź konstrukcji budowli na obciążenia przedstawiono w pracy Scherenmansa i Van Balena [19].

Analiza stanów granicznych masywnych murowych elementów konstrukcji zabytkowych z zastosowaniem modelu sztywnych bloków została przedstawiona w pracy Orduny i in. [14], a uzyskane wyniki są porównywalne z rezultatami uzyskanymi w analizie numerycznej z zastosowaniem mikromodeli.

Uszkodzenia konstrukcji murowych w głównej mierze związane są z zarysowaniami, osiadaniem fundamentów, degradacją i starzeniem się materiałów oraz przemieszczeniami. Zlokalizowane rysy i pęknięcia zwykle dzielą konstrukcję na makrobloki. Metody lokalizacji uszkodzeń [16] zastosowano w modelach doświadczalnych. Również techniki emisji akustycznej oszacowują trwałość konstrukcji historycznych na podstawie skumulowanych uszkodzeń – zarysowań powstałych w konstrukcji.

Techniki emisji akustycznych zastosowali między innymi Carpinteri i in. [6].

Przedstawiony przegląd literatury źródłowej w zakresie zagadnień objętych tematem artykułu pokazuje, jak istotne są w praktyce omawiane problemy, ale równocześnie jakie trudności techniczne wynikają w następstwie technologicznych i konstrukcyjnych zagadnień w procesie odnawiania i wzmacniania budowli. Ponadto niektóre aspekty zagadnień, szczególnie dotyczące fundamentów i lokalizacji dużych kompleksów historycznych na nasypowym podłożu, nie są wystarczająco opisane w źródłach literaturowych. Podziemne konstrukcje zawsze są źródłem dodatkowych osiadań, które mogą mieć wpływ na formę architektoniczną [5]. Przewidywanie uszkodzeń w budowli wywołanych ruchami podłoża jest jednym z głównych działań przy podjęciu projektowania wzmocnień lub napraw elementów podziemnych. Różnorodność przyczyn osiadań budowli historycznych jest spowodowana zmiennością parametrów geotechnicznych i czynników podłoża gruntowego wpływających na podejmowanie prawidłowych decyzji w zakresie robót naprawczych [13].

Niniejsza praca poświęcona jest jednemu z najstarszych zachowanych historycznych kompleksów w północno-wschodniej Polsce. W pracy skupiono się na tym, jak niewłaściwe technicznie i nierozważne strategicznie decyzje wywołują niepożądane efekty w postaci przyspieszonej degradacji konstrukcji.

cussed by [8]. Changing environmental conditions such as damping/ drying, salt crystallisation due to a rising and falling groundwater table and relative air humidity – all contribute to the progressive destruction of masonry walls. Structural modelling and monitoring are important for describing and selecting the most appropriate solutions for strengthening building structures. According to Roca [17], a computational model can be used to simulate the results of different technological interventions related to building repair and strengthening. In addition, monitoring during and after an intervention can verify to what extent it was sufficient for strengthening the historical structure.

Researching an historic building should be a three stage process: diagnosis, safety assessment and intervention plan [18]. The process provides a framework and methodological basis for achieving results related to building repair and strengthening, which can be justified technically and scientifically. Research on vertical subsidence demands techniques enabling precise monitoring of displacement. A monitoring system for recording how a building structure responds to loading has been proposed by Scherenmans and Van Balen [19].

Boundary analysis of massive masonry elements of historic structures based on rigid macro-block models is presented by Orduna et al. [14]. The results are comparable to those generated by numerical micro-modeling.

Damage to masonry structures is primarily related to cracks, subsidence of foundations, degradation and aging of building materials and displacement of construction elements. Cracks and fissures usually divide the structure into macroblocks. Methods for localising damage [16] have been used in experimental modelling. Durability of historic structures can also be assessed with acoustic techniques, which take into account accumulated damage caused by cracking of the building structure.

Acoustic techniques have been used, among others, by Carpinteri et al. [6].

The literature review related to the subject of this paper confirms not only the practical significance of the problems discussed, but also draws attention to the technical difficulties related to technological and structural issues arising in the process of building renovation and strengthening. Moreover, some issues, such as those related to building foundations and localisation of large historic structures on earth embankments, are not well addressed in the literature. Underground structures always contribute to additional subsidence, which can impact the architectural form [5]. Anticipating building damage as a result of ground movements is one of the key activities in planning for building reinforcement or repair of underground structural elements. The range of factors contributing to to the subsidence of historic buildings is related to changing geotechnical factors and ground movement parameters. This relationshp influences which decisions related to repair and renovation are most appropriate [13].

This paper is concerned with one of the oldest preserved complexes of historic buildings in north-east Poland. The paper shows how decisions on renovation which are inappropriate technically and not well thought out strategically translate into undesired impacts in the form of accelerated degradation of buildings and structures. Wigry Hill is a part of the Suwalki region in north-east Poland. The Hill is located

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

strukcji i budynków. Wzgórze Wigierskie jest częścią regionu Suwalskiego w północno-wschodniej części Polski. Wzgórze jest ulokowane na półwyspie jeziora Wigry, który uprzednio był wyspą. Dwadzieścia osiem budynków i konstrukcji inżynierskich tworzy pierwotny zespół klasztorny.

Ryc. 1 przedstawia aktualny widok z lotu ptaka Wzgórza z jego obiektami. Historia budynków i ich lokalizacja na wzgórzu rozpoczyna się od 1667 roku, kiedy król Jan Kazimierz nadał przywilej założycielski i zgodę na ustanowienie kościoła i klasztoru wg reguły kamedułów. Miejsce lokalizacji budynków klasztornych wybrano zgodnie z zasadą budowy eremów z dala od centrów zurbanizowanych oraz odległych od ówczesnych szlaków komunikacyjnych, w miejscu otoczonym lasami i wodą. Lokalizacja na jeziorze w otoczeniu lasów wydaje się być idealnie spełniającą te wymagania.

Kompleks wszystkich po klasztornych obiektów zbudowano pierwotnie na wyspie na jeziorze Wigry, którą następnie kameduli połączyli z lądem tworząc nasypany półwysep.

2. HISTORIA KLASZTORU KAMEDUŁÓW

Pierwsze budynki klasztorne były wzniesione w konstrukcji drewnianej, ale w 1671 roku zostały całkowicie zniszczone przez pożar. Kilka lat później wzniesiono wg projektu włoskiego architekta Petera Putiniego nowy kościół murowany, a także murowane budynki klasztoru. Mnisi kameduli zarządzając swoimi klasztornymi obiektami do końca swej działalności monastycznej w 1800 roku powiększyli znacznie obszar klasztoru. Dom Królewski był ostatnią większą inwestycją i budowlą, a po zakończeniu budowy został rezydencją biskupa. Historyczny widok wzgórza i zabudowań z XIX wieku przedstawia ryc. 2.

Następnie w okresach wojen obiekty klasztorne ulegały stopniowemu procesowi niszczenia, a podczas pierwszej wojny światowej zostały częściowo zaadaptowane na szpital wojenny zaś część służyła jako obóz jeniecki. Pod koniec pierwszej wojny światowej wszystkie budynki i budowle klasztorne były niemal w całości zrujnowane, jak to pokazano na ryc. 3a. Jedynie kościół oraz niektóre element podziemne i fundamenty pozostały, dając świadectwo dawnej świetności.

W okresie między pierwszą i drugą wojną światową kościół oraz budynki eremów zostały zrekonstruowane wg projektów profesora Oskara Sosnowskiego, co przedstawiono na ryc. 3b. Kaplica Kanclerska i Dom Królewski nie są widoczne od strony głównego wejścia do kościoła, gdyż zostały one całkowicie zniszczone w wyniku działań wojennych. Podczas drugiej wojny światowej budynek kościoła i eremy były znów zburzone w wyniku ataku artyleryjskiego, co widoczne jest na ryc. 4.

Po drugiej wojnie światowej, w 1949 roku rozpoczęto proces rekonstrukcji budynków Wzgórza Wigierskiego, zaczynając od kościoła, podczas gdy pozostałe budynki i budowle przywrócono do życia znacznie później, bo poczynając od 1958 roku. Zostały one wzniesione powtórnie, często na starych fragmentach fundamentów i budowli podziemnych, bez wstępnych działań inwentaryzacyjnych i ekspertyzowych, które pozwoliłyby na staranne określenie ich stanu technicznego. Proces robót naprawczych i rekonstrukcyjnych często prowadzono bez wiedzy o źródłach archiwalnych i dokumentach historycznych. Południowo-zachodni i południowo-wschodni widok rekonstruowanego kościoła pokazano na ryc. 5. Nie widać na nim budynków przed frontem kościoła i eremów za nim.

on a peninsula, which was once an island in Lake Wigry. The original monastery comprised 28 buildings and structures.

Fig. 1 presents an aerial view of the Hill and the monastery. The history of the buildings and their location on the Hill begins in 1667 when the king John II Casimir founded a church and monastery according to the rule of the Camaldolese Order on the basis of a Royal Charter. The site of the monastery and its constitutent buildings was selected to ensure the erems would be located away from urbanised centres and transportation routes amid water and forests. The location of the monastery on a lake surrounded by forests meets perfectly these criteria.

All the monastery buildings were initially built on an island in Lake Wigry, which the Camaldolese monks subsequently turned into a peninsula connected to the mainland through an earthworks construction.

2. HISTORY OF THE CAMALDOLESE MONASTERY

The first monasery buildings were built of timber and were destroyed completely by fire in 1671. Several years later, a new brick church was built in accordance with a design of Peter Putini, an Italian architect, along with other monastic buildings. The Camaldolese monks managed the monastery in Wigry until 1800, expanding significantly its territory. The Royal House was their last large building investment and became on completion the Bishop's residence. Fig. 2 shows a historical view of the Hill and the monastery buildings in 19th century.

In subsequent years, especially in times of war, the monastery suffered from a gradual process of degradation. During the World War One, part of the monastery was adapted for use as a military hospital, whereas another part served as a prisoner-of-war camp. Towards the end of the World War One almost all monastic buildings were left in ruins as portrayed in fig. 3a. Only the church and some elements of the underground structure and foundations remained as testimony of past glory.

In the period between the two World Wars, the church ediffice and erems were reconstructed in accordance with the designs of professor Oskar Sosnowski, as shown in fig. 3b. The Chancelor's Chapel and the Royal House are not visible from the main entrance since they were completely destroyed in military operations. During the World War Two the church ediffice and erems were subjected to an artillery attack which again caused a serious damage, as shown in fig. 4.

The reconstruction of the Wigry Hill monastery following World War Two began in 1949 with the rebuilding of the church. Other buildings and structures were rebuilt later, starting in 1958. The buildings were rebuilt in part on old foundations and underground structures, which were not inventoried or subjected to expert analysis to assess their technical condition. The repair and reconstruction work was carried out with little or no reference to historical archives and documents. Fig. 5 shows south-west and south-east views of the reconstructed church. No buildings in front of the church or erems behind the church are visible.

The monastery buildings have been subjected to ongoing degradation from the very beginning, but the two World Wars brought about complete devastation.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Ryc. 1. Zdjęcie lotnicze klasztoru z kościołem, Domem Królewskim i Kaplicą Kanclerską z przodu i eremami na dalszym planie (fot. W. Wolkowa, 2005)

Fig. 1. Aerial view of monastery with the church, the Royal House and the Chancelor's Chapel in the foreground and erems in the background (photo W. Wolkowa, 2005)



Ryc. 2. Historyczny widok wzgórza z XIX wieku

Fig. 2. Wigry Hill in 19th century



Ryc. 3 Zniszczone wzgórze Wigierskie po pierwszej wojnie światowej i zrekonstruowany kościół w 1935 r.

Fig. 3 Wigry Hill damaged after the First World War and the church after reconstruction in 1935



Ryc. 4. Budynek kościoła zniszczony podczas drugiej wojny światowej

Fig. 4. The church destroyed during the Second World War



Ryc. 5. Zrekonstruowany kościół i południowo-zachodnia część ściany oporowej w 1967 roku oraz widok północno-zachodni budynków Wzgórza z 2006 r.

Fig. 5. The reconstructed church and south-west part of the retaining wall in 1967. North-west panorama of the monastery in 2006

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Przez cały okres użytkowania budynki klasztorne podlegały procesom destrukcji, a ostatecznie dwie wojny światowe doprowadziły je do stanu kompletnej dewastacji.

W dzisiejszych czasach część zrekonstruowanych budynków Wzgórza Wigierskiego pełni funkcje religijne dla Kościoła rzymskokatolickiego, podczas gdy inne budynki pełniły do niedawna funkcję ośrodka szkolenia i odpoczynku dla Ministerstwa Kultury i Sztuki. Wszystkie roboty budowlane i konstrukcyjne zrealizowane na wyniesionym poziomie otaczających tarasów i przyległego terenu wymagały szeregu pośrednich i głównych masywnych ścian oporowych. Dolny i górny taras z różnicami przyległego terenu sięgającymi 6-8 m wymagały skonstruowania takich masywnych ścian oporowych podtrzymujących parcie gruntu.

3. KONSTRUKCJE BUDYNKÓW I ICH POSADOWIENIA

3.1 Analiza podłoża i posadowienie obiektów

Analizę geologiczną wielowarstwowego podłoża Wzgórza prowadzono na podstawie odwiertów zgodnie z założoną siatką otworów i przekrojów pokazanych na ryc. 6a. Zgodnie z raportem geotechnicznym górne warstwy podłoża budują utwory nasypowe o niskim stopniu zagęszczenia, szczególnie w górnych warstwach Wzgórza.

Przeprowadzone badania i ich analiza pozwalają na stwierdzenie, że wielowarstwowy układ podłoża jest wynikiem wykonania nasypu na gruncie mineralnym, tworzącego pierwotnie podłoże budynków. Wynika stąd, że stare, oryginalne budynki klasztorne posadowiono na nasypowym podłożu. Trzy główne warstwy geologiczne kształtują budowę geotechniczną podłoża Wzgórza:

- górna warstwa mineralna gruntu niespoistego i o niskiej spoistości nasypowego z gruzem ceglanym i kamieniami o grubości 0,5 do 6,0 m i stopniu zagęszczenia 0,05 do 0,20,
- środkowa warstwa starszych gruntów nasypowych niespoistych mineralnych o I_D = 0,2 do 0,7 i spoistych o I_L = 0,2 do 0,55; ta warstwa jest traktowana jako nośna,
- dolna warstwa utworzona przez piaski średnie i grube o zmiennym stopniu zagęszczenia i laminowana gruntami spoistymi w formie glin tworzące naturalne podłoże mineralne Wzgórza i jego budowli.

W procesie rekonstrukcji istniejące stare fundamenty uzupełniano nowo wznoszonymi segmentami zgodnie z ówczesnymi wymaganiami. Niestety nie wykonano właściwej inwentaryzacji i oceny stanu technicznego elementów podziemnych i zagłębionych w gruncie; fundamentów, galerii i masywnych ścian oporowych, jak również wszystkich podziemnych konstrukcji zasypanych gruzem i śmieciami. Przekrój Wzgórza Wigierskiego i jego budowli pokazano na ryc. 7.

Grunt budujący podłoże budynków zlokalizowanych na Wzgórzu podlegał penetracji wody opadowej pochodzącej z deszczu i topniejącego śniegu, jak i z powodu niewłaściwego ukształtowania terenu, a dodatkowo rozszczelnienia systemu wodno-kanalizacyjnego. Zapis w księgach inwentarzowych kościoła pochodzący z 1800 roku, gdy część budynków podlegała rozbiórce, stwierdza: „ściany oporowe podpierające nasypy Wzgórza są w złym stanie, szczególnie zachodnia i południowa ściana, które w rezultacie uszkodzeń rur spu-

Currently, some of the reconstructed buildings on Wigry Hill are used for religious purposes by the Roman Catholic Church. Until recently, others were used as a training and recreation centre by the Ministry of Culture and Arts. Building and structural work has been carried out on the raised terraces and surrounding grounds, which required contruction of a set of intermediate and main retaining walls. The construction of large retaining walls able to withstand ground pressure was essential as the levels of the Bottom and Upper Terraces and the surrounding grounds vary from six to eight metres.

3. BUILDING STRUCTURES AND THEIR FOUNDATIONS

3.1 Analysis of ground and foundations of buildings

The geological analysis of the multilayer grounds constituting the Hill was carried out through a system of boreholes put into place systematically according to a grid shown in fig. 6a. According to the geotechnical report, the upper layers of the Hill consist of embankment formations of low compaction.

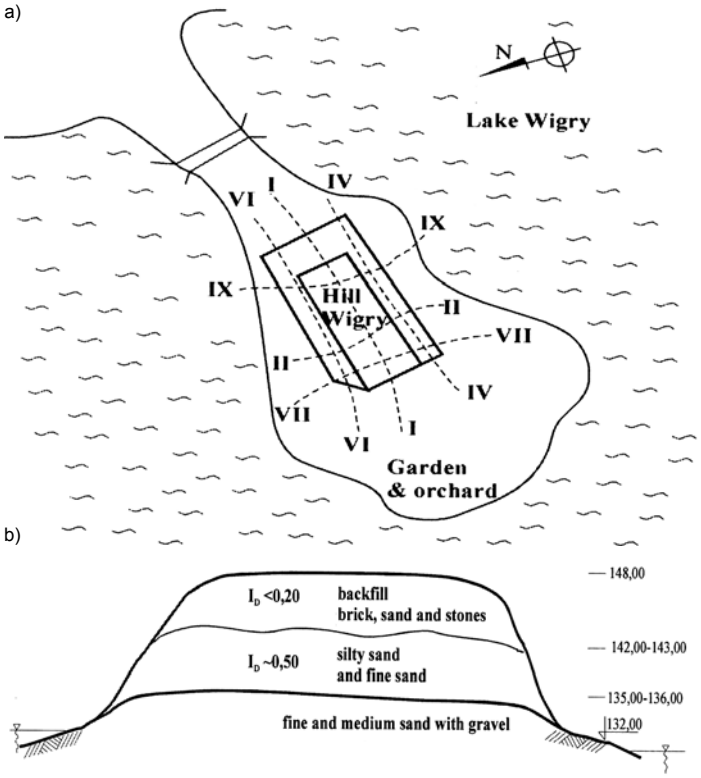
The research and analysis completed suggest, that the multilayer ground structure is a consequence of man-made earth embankments built upon a mineral bed which provided the original base for the buildings. The conclusion is that the original monastic buildings were built upon the earth embankments. Three main geological layers form the geotechnical structure of the Hill:

- an upper mineral layer comprised of uncompacted soil and low-compaction backfill ground with brick and stone rubble, ranging in thickness from 0.5 to 6.0 meters with a compaction of 0.05 to 0.20,
- a middle layer of older, backfill uncompacted mineral soil with a parameter of I_D = 0.2 to 0.7 and compacted soil with a parameter of I_L = 0.2 to 0.55; this is the layer bearing the building load,
- a bottom layer comprising medium and coarse sands of varying compaction and laminated with compacted clay soil which provide the natural mineral bed for the Hill and its buildings.

In the process of reconstruction, existing older foundations were augmented with additional new structures in line with prevailing requirements. Unfortunately, no proper inventory and assessement of technical conditions of the underground and sub-soil structures was ever completed. There has been no assessment of the foundations, galleries, massive retaining walls and other underground structures filled with rubble and waste. A cross-section of Wigry Hill and the Monastery buildings is presented in fig. 7.

The ground which forms the base for buildings located on the Hill, has been infiltrated by rainwater and melting snow due to an unfavourable topography, and additionally from leaking water supply and sewage systems. One of the entries in the church records from 1800, when some of the buildings were demolished, states: “retaining walls, which support the embankments making up the Hill, are in a bad condition, particularily the western and southern walls, which have been degraded as a result of damaged drains and rainwater permeating through cracks in the walls and infiltrating the ground” [12].

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Ryc. 6. Budowa geologiczna wzgórza: a) plan wierceń z zaznaczonymi otworami badawczymi i przekrojami geotechnicznymi, b) warstwy podłoża

Fig. 6. Geological structure of the Hill: a) borehole grid with research holes and geotechnical sections, b) ground layers

stowych uległy uszkodzeniom, a woda opadowa przesączając się przez pęknięcia ścian nawadnia grunt" [12].

Eremy dolnego tarasu zbudowano opierając je częściowo na ścianach oporowych, częściowo zaś na zasypanych gruzem ceglanym i śmieciami piwnicach zniszczonych budynków i galerii podziemnych. W wyniku nierównomiernych osiadań budynki eremów uległy zarysowaniom, a następnie wyraźnym pęknięciom, co doprowadziło do wyłączenia ich z użytkowania. Procesy destrukcyjne i degradacyjne są aktualnie obserwowane w różnym stopniu we wszystkich budynkach poklasztornych. Środkowa część wschodniej ściany oporowej uległa zniszczeniu w 1987 roku [11]. Część ściany uległa zawaleniu, podczas gdy inna przemieściła się w wyniku parcia wody i ścieków nasączających grunt. Zasypane galerie i tunele za ścianą, które stanowiły pierwotnie odciążenie ściany zmniejszając parcie poziome gruntu, gromadziły wodę i pochodzące z rozszczelnionej sieci kanalizacyjnej i zbiorników nieczystości, powodując zwiększone obciążenie poziome ścian w stosunku do pierwotnych rozwiązań budowlanych. W wyniku tego ściana oporowa przemieściła się na zewnątrz. Dodatkowo wstrząs sejsmiczny o intensywności 5,3 stopnia w skali Richtera w 2004 roku zwiększył uszkodzenie, powiększając pęknięcia prowadzące do stanu zagrażającego katastrofą budowlaną budowli i budynków.

Zmiany w posadowieniach wpłynęły na bezpieczeństwo i stateczność ścian oporowych oraz na fundamenty eremów. Schemat statyczny pierwotnych ścian oporowych z odciążającymi sklepieniami redukował parcie poziome od obciążenia gruntem i wodą gruntową na ściany oporowe, co pokazano na ryc. 7b. Sklepione piwnice, galerie i tunele były używane jako magazyny, łaźnie i cele. W trakcie robót rekonstrukcyjnych i wcześniej w wyniku działań wojennych zniszczono częścio-

The erems on the Bottom Terrace were built in part to take advantage of support of retaining walls and in part on top of cellars of demolished buildings and underground galleries, filled with brick rubble and waste. Uneven subsidence of the ground has led to the appearance of cracks and fissures in the erem buildings, which in turn has resulted in them being withdrawn from use. Destruction and degradation processes are currently being monitored to a varying degree in all buildings of the former Monastery. The central part of the eastern retaining wall was completely destroyed in 1987 [11]. Part of the wall collapsed whereas other fragments were displaced due to pressure of water and sewage infiltrating the ground. Backfilled galleries and tunnels located behind the wall, which originally served to unload the wall, reducing the horizontal pressure of the ground, have been accumulating water and sewage leaking from sewage pipes and tanks, thereby generating an additional horizontal load on the wall in excess of the parameters of the original building solutions. As a result, the retaining wall has been displaced outwards. Moreover, the seismic shock, which resulted from an earthquake in 2004, registering 5.3 on the Richter scale added to building damage by increasing cracks and threatening collapse of buildings and structures.

Changes in the foundation setting have impacted safety and stability of retaining walls and erems. The original retaining walls were supported with unloading vaults designed to reduce horizontal pressure of the ground and groundwater as presented in fig. 7b. Vaulted cellars, galleries and tunnels were used as storage spaces, baths and cells. Reconstruction work, along with earlier wartime military operations, has served to destroy vaults and underground corridors along retaining walls. This means that the load on the retaining walls has been significantly increased, changing also the original static behaviour of the building.

3.2. Selected results of stability assessment

Five stages of a geodetic survey were planned and implemented to assess vertical and horizontal displacements on Wigry Hill. The first stage involved 28 measurements and benchmarks and 10 indicators for measuring crack width, located on the Hill and selected elements of the buildings to assess displacement and cracks of the structure. Significant vertical displacements ranging from 0.3 to 5.6 mm during a two year period were recorded for points marked on the survey grid as 1001 to 1039. The largest displacement measuring 7.6 mm was recorded for point 1007 on the southern retaining wall and 3.6 mm in the corner of the north-east retaining wall.

The survey and assessement recorded a 4.5 mm displacement of the Garden Tower, a 2.0 mm displacement of the Royal House and a 1.0 mm displacement of the Entrance Gate. The fifth and final report was prepared using measurements and levellings conducted following modernisation of water supply and sewage systems, which eliminated the negative impact of leaks – the leaking system was responsible for soil liquefaction and washing away of small diameter mineral fractions, in particular from the man-made made layer. As many as 143 height levelling measurement and displacement points were

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

wo sklepienia i podziemne korytarze przebiegające wzdłuż ścian oporowych, zwiększając w istotny sposób obciążenie poziome ścian oporowych i zmieniając ich pierwotny schemat statyczny.

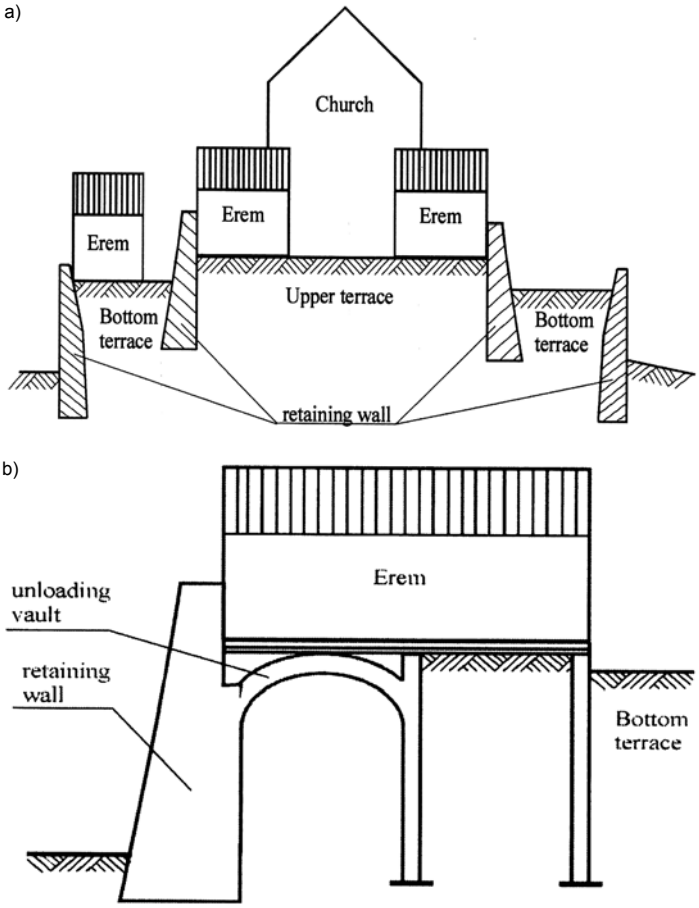
3.2. Wybrane wyniki oceny stateczności

Pięć etapów pomiarów geodezyjnych zaplanowano i przeprowadzono celem oszacowania pionowych i poziomych przemieszczeń na obszarze Wzgórza. Pierwszy etap obejmował pomiary na dwudziestu ośmiu punktach pomiarowych i reperach, oraz za pomocą dziesięciu mierników pomiaru zarysowań – rozwarcia rys, zainstalowanych na obszarze Wzgórza i na wybranych elementach budowli w celu zmierzenia przemieszczeń i zarysowań konstrukcji. Znaczące pionowe przemieszczenia od 0,3 do 5,6 mm w okresie dwóch lat stwierdzono w punktach pomiarowych oznaczonych na siatce pomiarowej numerami od 1001 do 1039. Największe przemieszczenia o wielkości 7,6 mm zaobserwowano i pomierzono w punkcie 1007 południowej ściany oporowej oraz 3,6 mm w narożu północno-wschodniej ściany oporowej.

Pomiary i szacowanie przemieszczeń pokazały przemieszczenia 4,5 mm Wieży Ogrodowej, 2,0 mm Domu Królewskiego i 1,0 mm Bramy Wjazdowej. Ostatni, piąty raport opracowano na podstawie pomiarów i niwelacji po modernizacji systemu wodno-kanalizacyjnego Wzgórza, która to modernizacja wyeliminowała negatywny wpływ nieszczelności systemu powodującej upłynnienie gruntu podłoża i wymywanie cząstek mineralnych o małej średnicy szczególnie z warstw nasypowych. Na obszarze całego Wzgórza rozmieszczono aż 143 punkty pomiarów niwelacyjnych wysokościowych i punkty pomiarów przemieszczeń, włączając w to 22 repery i 94 punkty oznaczone i ustalone na budynkach i elementach konstrukcyjnych z dodatkowymi 16 stabilizowanymi trawersami w poziomie gruntu. Siatka pomiarowa zastosowana do pomiarów przemieszczeń poziomych zbudowana została na podstawie 11 punktów w wielokątnej sieci, 28 mierników z naklejonym szkłem, 92 punktów pomiaru ugięć ścian oporowych, z czego 30 punktów pomiarowych zainstalowano na wschodniej ścianie, 33 wzdłuż południowej ściany i 23 na północnej ścianie, ponadto 6 czujników pomiarowych zainstalowanych na wieży ogrodowej.

Przemieszczenia mierzono stosując:
- dokładną metodę niwelacyjną dla pionowych punktów niwelacyjnych i kontrolnych reperów,
- pomiary przemieszczeń południowej ściany oporowej i eremów dolnego tarasu za pomocą metody niwelacji bocznej,
- metodę niwelacji bocznej do pomiarów przemieszczeń północnej i wschodniej ściany.

Eremy dolnego tarasu i południowej ściany oporowej pokazują przemieszczenia od +0,9 do –1,3 mm. Rysy na ścianach eremów mają szerokość rozwarcia 0,7 mm. Również rysy ścian kotłowni rozwarte są na szerokość od +0,5 do +1,3 mm. Północna ściana oporowa wykazuje znaczne przemieszczenia pionowe od –0,6 do –1,1 mm, a północna część ściany jest przemieszczona od –0,7 do –1,7 mm. Pionowe przemieszczenie północno-wschodniego narożа ściany wschodniej wynosi –1,3 mm.



Ryc. 7. Przekrój poprzeczny Wzgórza z konstrukcjami podziemnymi: a) schemat tarasów, b) schemat pierwotnych konstrukcji podziemnych

Fig. 7. Cross-section of the Hill and its underground structures: a) terraces; b) original underground structures

recorded across the whole territory of the Hill, including 22 benchmarks and 94 points on buildings and structures with an additional 16 traverses at ground level. The survey grid used for horizontal displacement measurement was based on 11 measurement points located in a polygonal grid, 28 fixed glass tell-tales, 92 measurement points for recording deflection of retaining walls, 30 of which were located on the eastern wall, 33 along the southern wall and 23 on the northern wall. Additionally, 3 indicators were located on the Garden Tower.

Displacements were measured using:
- a precise levelling method for vertical levelling points and control benchmarks;
- a lateral levelling methods for dislocation of the southern retaining wall and erems located on the Bottom Terrace;
- a lateral levelling method for dislocation of the northern and eastern walls.

The displacements of the erems located on the Bottom Terrace and the southern retaining wall ranged from +0.9 mm to –1.3 mm. The width of cracks on the erem walls amounted to 0.7 mm. The width of cracks on the boiler room walls ranged from +0.5 to +1.3 mm. The northern retaining wall showed significant vertical displacements ranging from –0.6 to –1.1 mm and displacements of the northern part of the wall ranged from –0.7 to –1.7 mm. Vertical displacement of the north-east corner of the eastern wall amounted to –1.3 mm.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Poziome przemieszczenia i szerokość rozwarcia rys są głównymi miernikami i wskaźnikami metody pomiaru poziomych deformacji. Znaczny wzrost szerokości rys do +0,7 mm pomierzono na ścianach eremu tarasu dolnego. Północna ściana oporowa wykazuje wzrost szerokości rozwarcia rys od +0,2 do +1,7 mm. Południowa ściana oporowa nie wykazuje poziomych przemieszczeń, podczas gdy wschodni narożnik wykazuje przemieszczenia –3 mm do zewnątrz. Wschodnia ściana oporowa wykazuje przemieszczenia od +3 mm do +6,0 mm.

4. ANALIZY I OSZACOWANIA PRZYCZYN USZKODZEŃ KONSTRUKCJI MUROWYCH I BETONOWYCH WZNIESIONYCH NA NASYPOWYM PODŁOŻU

Wszystkie budynki klasztorne z wyjątkiem kilku podrzędnych budynków zostały zrekonstruowane. Widoczne to jest na ryc. 5. Równolegle jest jednak obserwowany postępujący proces degradacji i uszkodzeń. Nowe materiały i technologie stosowane w rekonstrukcji nie zawsze dobrze służyły budowlom historycznym. Początkowo główne procesy degradacji i destrukcji obserwowano w rejonie eremów dolnego tarasu. System wodno-kanalizacyjny rozszczelnił się, uległ uszkodzeniom rozpoczynając proces istotnych uszkodzeń eremów. Inne budynki i konstrukcje również uległy uszkodzeniom w wyniku zarysowań i pęknięć (ryc. 8) oraz znacznych przemieszczeń, szczególnie w pobliżu nadproży okiennych i naroży oraz w strefach połączeń budynków, co skłoniło użytkownika do prowadzenia robót renowacyjnych i naprawczych zgodnie z koncepcją i strategią robót naprawczych i renowacyjnych opracowaną dla zespołu poklasztornego [11].

Środkowa część wschodniej ściany oporowej, jak podano wyżej, uległa uszkodzeniu w 1987 roku. Część ściany została wypchnięta, podczas gdy inna część doznała znacznych przemieszczeń w wyniku złożonego obciążenia od gruntu nasączonego wodą i ściekami z nieszczelnego i uszkodzonego systemu wodno-kanalizacyjnego. Ryc. 9 przedstawia aktualny stan i przemieszczenia wschodniej ściany oporowej.

W 1999 roku dalsza część ściany oporowej uległa znacznym przemieszczeniom, co zmusziło użytkownika obiektu do przeprowadzenia robót naprawczych zmierzających do naprawy systemu wodno-kanalizacyjnego i budowy komór. Wprowadzono komory odciążające przy ścianach oporowych, stabilizując i redukując poziome parcie gruntu, wracając do pierwotnej idei i modeli pracy statycznej konstrukcji [11].

Rysy, pęknięcia i uszkodzenia szczególnie elementów nadproży, elementów stykowych i narożnych otworów widoczne są niemal we wszystkich budynkach i wielu elementach konstrukcyjnych.

Oprócz przedstawionych procesów destrukcyjnych obserwowano niektóre inne niekorzystne czynniki powodujące degradację i uszkodzenia budynków wzgórza Wigierskiego.

Jednym z tych czynników jest bardzo niski stopień zagęszczenia gruntów nasypowych formujących Wzgórze. Inne czynniki są wynikiem infiltracji wody w grunt Wzgórza i negatywnie oddziaływają na konstrukcje murowe i inne konstrukcje.

Niekompletne dokumenty archiwalne, którymi dysponowano w procesie rekonstrukcji, spowodowały przyjęcie niewłaściwej pracy statycznej nowo wybudowanych obiektów. Dotyczy to szczególnie posadowienia rekonstruowanych budowli na istniejących starych fundamentach i podziemnych

Horizontal displacements and crack width are main indicators of horizontal deformation measurement method. A significant increase of crack width of up to +0.7 mm was recorded on the walls of the erem on the Bottom Terrace. The northern retaining wall recorded an increase in crack width of between +0.2 to +1.7 mm. No horizontal displacements were recorded of the southern retaining wall, but an outward displacement of between +3.0 mm to +6.0 mm was recorded of the eastern corner. The eastern retaining wall recorded displacements ranging from +3 mm to +6.0 mm.

4. ANALYSIS AND IDENTIFICATION OF THE CAUSES OF DAMAGE TO MASONRY AND CONCRETE STRUCTURES BUILT ON THE EARTH EMBANKMENTS

All monastic buildings, excepting a few minor buildings, have been reconstructed as shown in fig. 5. At the same time, a process of progressive degradation and damage can be observed. New materials and technologies used in reconstruction were found in some cases not to have benefited historic building preservation. Initially, main processes of degradation and destruction were observed in the erems of the Bottom Terrace. Leaks from a faulty water supply and sewage system wrought considerable damage to the erems. Other buildings and structures were also damaged by cracks and fissures (fig. 8) and significant displacements were observed, especially near window lintels and quoins and where adjacent buildings join together. These observations enable specific renovation and repair work to be undertaken in line with the renovation and repair concept and strategy developed for the monastery as a whole [11].

The central part of the eastern retaining wall was seriously damaged in 1987 as discussed above. Part of the wall was pushed outwards, whereas other parts were significantly displaced as a result of compound load caused by soil infiltrated with water and sewage from the leaking water supply and sewage systems. Fig. 9 shows the current condition and displacement of the eastern retaining wall.

In 1999 a further part of the retaining wall suffered a considerable displacement, which forced repair of the faulty water supply and sewage systems and construction of unloading chambers. The unloading chambers were built along retaining walls, stabilising and reducing horizontal pressure from the ground, and precipitating also a return to the original concepts and modelling of static behaviour of the building structures [11].

Fissures, cracks and other damages, especially lintels, conjoined elements and corner openings can be found in almost all buildings and many structural elements.

Aside from the destructive processes described above, other unfavourable factors contributing to degradation and damage of the buildings on Wigry Hill were also observed.

One factor is the very low compaction of backfill soils which form the Hill. Other factors are related to water infiltration of the ground, which negatively impacts masonry structures.

Incomplete historical documentation during the reconstruction process resulted in adoption of inappropriate assumptions related to the static behaviour of newly consructed buildings. Problems arose due to setting reconstructed build-

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

konstrukcjach ukrytych w gruncie. Również bardzo ostry klimat tych obszarów północno-wschodniej Polski intensyfikuje proces degradacji budowli już odnowionych.

5. WNIOSKI

Problemy prezentowane w artykule, takie jak nadmierne osiadanie, pęknięcia i zarysowania elementów konstrukcyjnych, uszkodzenia i inne defekty wyraźnie wskazują na niewłaściwe procesy rekonstrukcyjne i naprawcze budynków klasztornych. Roboty te podjęto i prowadzono bez uprzedniej właściwej inwentaryzacji, badań podłoża i rozpoznania konstrukcyjnego budowli pozostałych w gruncie z wcześniejszych etapów wznoszenia budynków klasztornych.

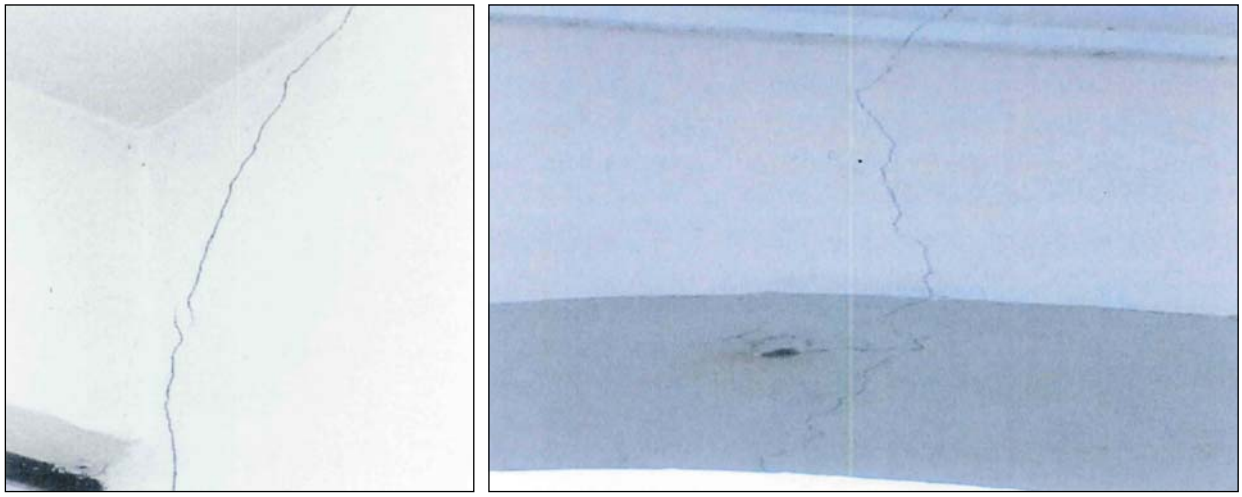
Również większe, niż oczekiwano, deformacje podłoża w wyniku niskiego stopnia zagęszczenia gruntów nasypo-

ings on older existing foundations and hidden underground structures. The severe climate of the north-east Poland serves also to intensify degradation of renovated buildings.

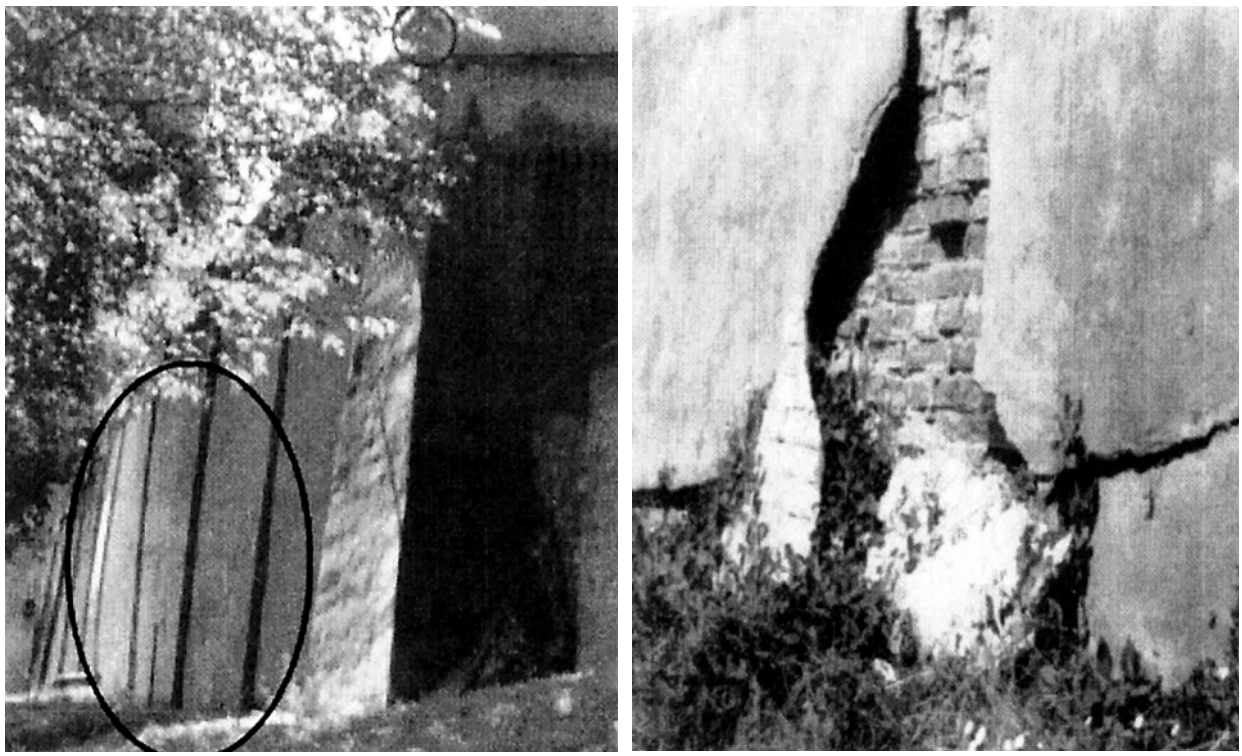
5. CONCLUSION

The problems discussed in this article related to dealing with excessive subsidence, cracking of structural elements, building damage and other defects demonstrate that an inappropriate process was adopted for the repair and reconstruction of the monastic buildings. Renovation work was undertaken without a proper inventory, ground structure analysis or structural assessment of older buildings remaining in the ground, dating back to earlier construction phases of the Monastery.

At the same time, larger than expected ground deformations caused by a low soil compaction of earth embankments



Ryc. 8. Rysy i pęknięcia ścian
Fig. 8. Wall cracks and fissures



Ryc. 9. Wschodnia ściana oporowa i rozwarstwienie okładziny zewnętrznej – tynku
Fig. 9. The eastern retaining wall and splitting layers of the external render

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

wych spowodowało nadmierne uszkodzenia budynków oraz uszkodzenia istniejącego systemu wodno-kanalizacyjnego. Praca podkreśla, jak decyzje dotyczące rekonstrukcji bazujące na niepełnej informacji dały nieoczekiwane efekty w postaci przyspieszonej degradacji konstrukcji i budynków, w tym:

- niewystarczająca identyfikacja i diagnoza stanu technicznego budynków oraz warunków dotyczących podłoża przed podjęciem decyzji o rekonstrukcji,
- niewłaściwa identyfikacja obszarów lub części gruntów nasypowych i zalegającego w podłożu gruzu pochodzącego z uszkodzonych budynków,
- niedostateczne analizy statyczne i wytrzymałościowe elementów konstrukcyjnych,
- uszkodzony i nieszczelny system wodno-kanalizacyjny Wzgórza,
- zastosowanie na etapie rekonstrukcji materiałów budowlanych i technologii niekompatybilnych z zastosowanymi na etapie pierwotnej budowy budowli historycznej,
- masywne ściany oporowe w interakcji z podłożem okazały się mało wrażliwe na oddziaływania typu sejsmicznego.

System wodno-kanalizacyjny niepoprawnie zaplanowano i zrealizowano w przeszłości. Stateczność masywnych ścian oporowych jest niedostatecznie określona i obecnie nie są spełnione warunki dotyczące stateczności części ścian zgodnie z normami. Wymogło to skonstruowanie komór odciążających. Jak wynika ze źródeł, komory odciążające za ścianami oporowymi istniały w czasach funkcjonowania klasztoru Kamedułów. Różne budynki posadowiono na podłożach o zmiennych parametrach gruntowych; i tak dla przykładu fundamenty eremów posadowiono na nasypach, a część fundamentów eremów oparto na ścianach oporowych. Nierównomierne osiadania i przemieszczenia spowodowały zarysowania, pęknięcia i uszkodzenia elementów konstrukcyjnych. Obecny stan techniczny budynków historycznych klasztoru wymaga bardziej dokładnych i systematycznych napraw i renowacji istniejących konstrukcji. Proponowana strategia i koncepcja renowacji wymaga następujących kroków poza koniecznością natychmiastowej naprawy:

- głębokie badania podłoża z uwagi na zapewnienie stateczności Wzgórza,
- naprawa systemu wodno-kanalizacyjnego,
- uzupełniająca inwentaryzacja konstrukcyjna budynków i konstrukcji,
- projektowanie i prace ekspertyzowe dotyczące stateczności oraz stabilizacji nasypu gruntowego,
- profesjonalne prace budowlano-konstrukcyjne.

resulted in extensive damage to buildings and damaged also the water supply and sewage systems. The paper argues that decisions related to the process of reconstruction were based on incomplete information, which accelerated degradation of structures and buildings due to:

- inadequate identification and diagnosis of the technical status of the buildings and conditions of the ground upon which they were built in advance of deciding on the specifics of reconstruction activities,
- inadequate identification and assessement of areas dominated by backfill grounds and rubble from damaged buildings,
- insufficient static and strength analysis of structural elements,
- faulty and leaking water supply and sewage systems,
- use of materials and technologies for reconstruction, which proved incompatible with those used during the original construction;
- large retaining walls built on earth embankments proved to be insensitive to seismic activity.

The water supply and sewage systems were inappropriately planned and built. Stability of the large retaining walls was insufficiently defined with the result that some of the walls do not comply with prevailing regulations and norms of structural stability. The response to this situation was the construction of unloading chambers. According to historical sources, such unloading chambers existed along the retaining walls when the complex served as the Camaldolese monastery. Buildings were constructed on ground characterised by varying soil parameters; and thus, for example, some erem foundations were built on earth embankments, whereas others were built on retaining walls. Uneven subsidence and displacements have resulted in cracks, fissures and other damage to structural elements. The current technical condition of the historic monastic buildings requires thorough and systematic repair and renovation of all existing structures. The strategy and concept proposed for renovation requires adopting following steps, notwithstanding repairs to buildings where there is an immediate need for repair:

- deep survey of the ground structure of the Hill in order to find ways of assuring its stability,
- repair of water supply and sewage systems,
- completing a structural assessment of buildings and structures as a supplement to existing information,
- design and expert analysis related to stability and stabilisation of earth embankments,
- professionally conducted building and construction work.

tłum. M.S.

BIBLIOGRAFIA

[1] Baltazar L.G., Henriques F.M.A., Jorne F.: *Hyudraulic Lime Grouts for Masonry Injection – Effects of Admixtures on the Fresh Grout Properties*, Conference on Structural Analysius of Historic Constructions, 2012, Wrocław, Poland, 1763-1770.

[2] Basu S.: *Investigations of historical structures – a study of rational and irrational forces*, The 5th International Conference SAHC 2006, New Delhi, November 6-8, 2006, 1487-1494.

[3] Blasi C., Ottoni F.: *The Role of Structural Monitoring in historical Building Conservation*, Conference on Structural Analysius of Historic Constructions, 2012, Wrocław, Poland, 166-182.

[4] Bowles J. E.: *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill, 4th edition, 1988.

[5] Camos C., Molins C., Arnau O., Galvec J.: *Numerical Simulation of the Structural Behaviour of Buildings under Tunnelling Induced Settlements*, Conference on Structural

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Analysis of Historic Constructions, 2012, Wrocław, Poland, 432-440.
[6] Carpinteri A., Lacidogena G., Manuello A., Binda L.: *The Ancient Athena Temple in Syracuse (Sicily): An Investigation on Structural Stability*, SaCoMaTis 2008 International RILEM conference, 1-2 September 2008,Varenna, Italy, 727-736.
[7] *Catalogue of historical and technical elaborations of Comeldolite Monastery 2006*, Cz. Miedzialowski, M. Malesza elaboration, p. 56.
[8] Hamid A.A., Orphy M.: *Durability of Historic Brick Masonry*, Conference on Structural Analysius of Historic Constructions, 2012, Wrocław, Poland, 1836-1843.
[9] Izquiredo-Encarnacion J.M.: *Codes,Policies and Earthquakes as Aplied to Historic Preservation Projects*, Conference on Structural Analysius of Historic Constructions, 2012, Wrocław, Poland, 94-104.
[10] Mahmood G.: *Conservation, repair and extension of Imam Reza Holy Shrine*, Conference on Structural Analysius of Historic Constructions, 2012, Wrocław, Poland, 141-149.
[11] Malesza M., Miedziałowski Cz.: *Monitoring of Interaction of Monumental Historic Complex Located on Earth Embankment*, SaCoMaTis 2008 International RILEM conference, 1-2 September 2008, Varenna, Italy, 1239-1246.
[12] Malesza M., Miedzialowski Cz.: *The modern methods of analysis in reconstruction of historical buildings*, The 5th Int. Conference SAHC 2006, New Delhi, November 6-8, 2006, 1231-1238.
[13] Meli R., Sanchez-Ramirez A.R.: *Structural Rehabilitation Historical Buildings Affected by Subsiedence in Mexico City*, The 5th Int. Conference SAHC 2006, New Delhi, November 6-8, 2006, 1503-1510.
[14] Orduna A., Roeder G., Arisa J.C.: *Development of Macro--Block Models for Masonry Walls Subject to Lateral Loading*, The 5th Int. Conference SAHC 2006, New Delhi, November 6-8, 2006, 1075-1082.
[15] *Principles of renovation of Wigry Hill*, Bialystok 2008, Cz. Miedzialowski, M. Malesza elaboration, p. 12.
[16] Ramos L.F., Lourenco P.B.: *Post-Accident Damage Investigation Based on Vibration Measurements Applied to Masonry Structures*, SaCoMaTis 2008 International RILEM conference, 1-2 September 2008, Varenna Italy, 453-462.
[17] Roca P.: *Knowledge –Based Seismic Assessment of Architectural Heritage*, Conference on Structural Analysius of Historic Constructions, 2012, Wrocław, Poland, 2906-2913.
[18] Roca P.: *The study and Restoration of Historical Structures: from Principles to Practice*, The 5th Int. Conference SAHC 2006, New Delhi, November 6-8, 2006, 9-16.
[19] Scherenmans L., Van Balen K.: *Hydrostatic Levelling System: Monitoring of Historical Structures*, The 5th Int. Conference SAHC 2006, New Delhi, November 6-8, 2006, 529-536.
[20] *Wigry, Initial historic documents*, collective work, Historical Buildings Preservation Atelier in Bialystok, 1959.

Streszczenie

Klasztor Kamedułów wybudowano w siedemnastym wieku na sztucznie usypanym wzgórzu na wyspie jeziora Wigry w północno-wschodniej Polsce. W okresie ponad dwustu lat istnienia budynki tworzące zespół klasztorny ulegały procesom postępującej korozji, jak również ulegały istotnym zniszczeniom podczas dwóch wojen światowych w dwudziestym wieku. Po obu niszczycielskich wojnach światowych obiekty klasztorne były rekonstruowane i odnawiane. Wszystkie obiekty klasztorne wzniesiono na dwóch ziemnych tarasach o zmiennej wysokości od 6 do 8 m. Tarasy uformowano jako nasypy, a wcześniejsze podziemne korytarze i galerie uległy zasypaniu gruzem kamienno-ceglanym i kruszoną cegłą z wcześniejszych konstrukcji klasztornych. Geotechnicznie Wzgórze budują różne warstwy, a ich wpływ na ogólną stateczność wzgórza, przemieszczenia i deformacje istniejących budynków klasztornych był obiektem pomiarów i monitoringu. Rezultaty tego monitorowania przedstawiono w pracy. Grubość nasypowych warstw gruntu waha się od 1 do 5 m, a wartości parametrów geotechnicznych warstw i ich określenie ma wpływ na aktualny stan i przyszłą renowację budynków poklasztornych. W 2004 roku budynki były poddane obciążeniom dynamicznym powstałym w wyniku trzęsienia ziemi o intensywności 5,3 stopnia w skali Richtera, pomimo że region ten jest uważany za asejsmiczny i nigdy nie był obszarem oddziaływań sejsmicznych.

Abstract

The Camaldolese Monastery was built in 17th century on a man-made hill located on an island on Lake Wigry in north-east Poland. For over 200 years the monastic buildings have been subjected to progressive corrosion and were seriously damaged during each of the two 20th century World Wars. After each World War, the monastery buildings were reconstructed and renovated. The monastic buildings were built on two earth terraces varying in height from six to eight metres. The terraces were formed as embankments and the earlier underground corridors and galleries were filled with stone and brick rubble and crushed brick from older monastic structures. Geotechnically the hill comprises various layers. Their impact on the overall stability of the hill, as well as on displacement and deformation of existing monastic buildings has been monitored and measured. The monitoring results are presented in this paper. The thickness of the backfilled soil layers ranges from one to five metres. Their geotechnical characteristics impact the current condition of the monastic structures and determine how they must be renovated in the future. In 2004 the buildings were subjected to a dynamic stress as a result of an earthquake, which registered 5.3 on the Richter scale, even though the region is not considered to be subject to seismic activity.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ