

Przebudowa stalowej konstrukcji dachu dawnej cementowni Reconstruction of the steel roof structure the old cement plant

Marek Nalepka¹, Anna Rawska-Skotniczny¹

¹*Katedra Konstrukcji Budowlanych i Inżynierskich,
Wydział Budownictwa, Politechnika Opolska
ul. Katowicka 48, 45-061 Opole
e-mail: m.nalepka@po.opole.pl, anea.rawska@gmail.com*

Streszczenie

W artykule przedstawiono historyczną konstrukcję nośną zadaszenia dawnej hali produkcyjnej cementowni, historię jej zmian oraz współczesną przebudowę. Model pierwotnej konstrukcji z 1906r., odtworzony ze szczątkowej dokumentacji, porównano z modelem konstrukcji, która z uwagi na zmianę funkcji hali produkcyjnej na budynek wystawienniczo-handlowy, została poddana renowacji i modernizacji. Model konstrukcji historycznej został sprawdzony metodą naprężeń liniowych, a konstrukcja współczesna metodą stanów granicznych na podstawie norm europejskich. Porównanie wyników pozwoliło na wysunięcie wniosków, oraz uzasadnienie modyfikacji konstrukcji współczesnej względem jej pierwotnego kształtu.

Abstract

The article presents the historical bearing structure of the roofing of a former production hall of a cement plant, the history of changes and modern reconstruction. The model of the original structure of 1906, re-created from scarce documentation, was compared with the model of a structure which was renovated and modernized due to the change in the function of the objects and its transformation into an exhibition and commercial facility. The model of the historical structure was calculated with use of the linear stress method, and the contemporary structure – with use of the limit state method, according to European standards. The comparison of results allowed us to draw the conclusions and to justify the modification of the contemporary structure in comparison to its initial shape.

Słowa kluczowe: konstrukcja stalowa, hala, rekonstrukcja zabytkowej cementowni

Keywords: steel structure, hall, reconstruction of the cement plant

1. Introduction

Opole na przełomie wieku XIX i XX było jednym z głównych ośrodków przemysłu cementowego w Polsce. Rozkwit tej gałęzi przemysłu spowodowany był dostępem do bogatych surowców naturalnych – rud żelaza i płytko położonych złóż margla. Jedną z 9 cementowni, które działały w tamtym okresie w Opolu (spośród 11 na Opolszczyźnie) była cementownia Silesia, powstała w 1906r.

Cementownie składają się z dużych zespołów budynków wielkokubaturowych, które pozwalały na samowystarczalną działalność. Zespół budynków produkcyjnych wchodzących w skład przedmiotowej cementowni zlokalizowany jest w północnej części Opola. Położona jest ona blisko wschodniego brzegu Odry, w północno-wschodniej części wsi Zakrzów, która wraz z rozwojem miasta stała się jedną z dzielnic współczesnego Opola. Obok budynków biegnie linia kolejowa relacji Opole-Wrocław. Dostawy surowca - margla do wyrobu cementu odbywały się za pomocą kolejki wąskotorowej, która łączyła pobliskie wyrobisko margla zlokalizowane około 500 metrów na wschód. Zespół budynków przez lata „obrócił” w przylegającą zabudowę przemysłową i usługową. Pozostałości zabudowy dawnej cementowni tworzą układ zwartych budynków powiązanych ze sobą funkcjonalnie oraz przestrzennie, a sercem kompleksu są budynki mieszczące dawne młyny cementu i surowca oraz zespoły susząco-mielące wraz z piecami obrotowymi.

1. Introduction

At the turn of the 19th and 20th centuries, Opole was one of the leading centers of cement industry in Poland. The development of this sector was a result of access to large deposits of raw materials – iron ore and deposits of marl. One of 9 cement plants that were operating in Opole during that period (among 11 in the Opole region), was the Silesia cement plant, constructed in 1906.

Cement plants consist of large complexes of objects of large cubic capacity, which enabled self-sufficient operation. The complex of production buildings constituting elements of the said cement plant is located in the northern part of Opole. It is situated near the eastern bank of the Odra river, in the north-eastern part of the Zakrzów village, which, as the city developed, became one of the districts of modern Opole. The railway line Opole-Wrocław is adjacent to the buildings. Supplies of raw material – marl for the production of cement – were delivered by narrow gauge railroad connecting the plant to the near excavation site of marl, located approximately 500 meters to the east. The complex of buildings has expanded over the years with adjacent industrial and service structures. The remains of the former cement plant create an arrangement of cohesive buildings, interconnected in the functional and spatial aspect, and at the heart of the complex are the buildings which used to be the former cement and raw material mills and drying and milling complexes with rotary kilns.

2. Opis konstrukcji

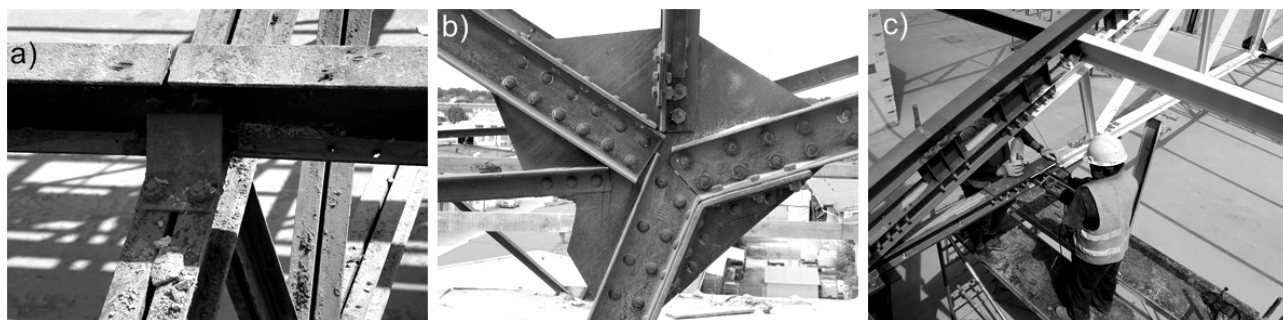
2.1. Konstrukcja historyczna

Z analizy skromnych materiałów źródłowych i analizy stanu technicznego oraz zastosowanych rozwiązań technicznych wynika, że konstrukcja obiektów była kilkakrotnie przebudowywana. Ze względu na brak dokumentacji historii zmian można wywnioskować jedynie z analizy rycin i archiwalnych fotografii. Początkowo główne budynki miały stalową szkieletową konstrukcję nośną, prawdopodobnie umożliwiającą przewietrzanie pomieszczeń. Było to konieczne z uwagi na wysokie temperatury panujące wokół pieców do wypału klinkieru. Przebudowa konstrukcji nastąpiła prawdopodobnie po II wojnie światowej, z uwagi na przekształcenie budynków w magazyny zboża: wbudowano wtedy grzybkowe stropy żelbetowe o dużej nośności [5]. W późniejszym okresie zespół budynków nie był użytkowany i jego stan techniczny stopniowo się pogarszał przez wiele lat.

2.2. Adaptacja

Współczesny kształt obiektu i konstrukcji jest wynikiem adaptacji kompleksu budynków na centrum wystawienniczo-usługowo-handlowe „DomEXPO”. Zmiana funkcji obiektu wymusiła wprowadzenie wielu zmian, koniecznych przy dostosowaniu obiektu do aktualnych wymagań stawianych obiektom tego typu. Zmieniono m.in. układ komunikacji wewnętrznej poprzez wprowadzenie schodów ruchomych i dobudówek ze schodami stałymi, ścianami wydzielono pomieszczenia sanitarne i strefy pożarowe.

Konstrukcję nośną, która z uwagi na długą przerwę w użytkowaniu obiektu uległa częściowemu zniszczeniu, poddano rewaloryzacji. Odtworzenia wymagały elementy stalowej konstrukcji nośnej zadaszenia, zarówno pręty jak i skorodowane połączenia nitowane. Zastąpiono je analogicznymi połączeniami śrubowymi z uwagi na wymóg zachowania charakterystycznego wyglądu, wymiarów i układu połączeń (rys. 1).



Rys. 1. Detale konstrukcyjne: a) oparcie płatwi na pasie górnym rygla, b) węzeł konstrukcji nośnej środkowej ramy, c) renowacja węzła podporowego.

Fig. 1. Structural details: a) support of the purlin on the truss top flange, b) the node bearing structure of the central frame, c) renovation of the support connection.

W celu adaptacji obiektu na cele wystawiennicze i planowaną organizację imprez, zaszła konieczność powiększenia kubatury użytkowej ostatniej kondygnacji. Zamierzony efekt z jednoczesnym zachowaniem pierwotnego charakteru konstrukcji uzyskano poprzez podniesienie konstrukcji nośnej zadaszenia o 2,0 m. Podniesienie wykonano za pomocą urządzeń hydraulicznych (rys. 2). Takie rozwiązanie

2. Description of the structure

2.1. Historical structure

The analysis of available, scarce source materials and of the technical state and applied technological solutions shows that the structure of the objects was rebuilt several times. Due to lack of documentation, the history of changes may be inferred only from the analysis of drawings and historical photos. Initially, the main buildings had a steel frame construction which probably enabled to air the premises. This was necessary due to the high temperatures in the proximity of the furnaces for roasting clinker. The reconstruction of the structure probably took place after World War II, as the buildings were transformed into grain warehouse: reinforced concrete mushroom structure of a high carrying capacity were then constructed [5]. Later the complex of buildings was not used and its technical condition gradually deteriorated over the years.

2.2. Adaptation

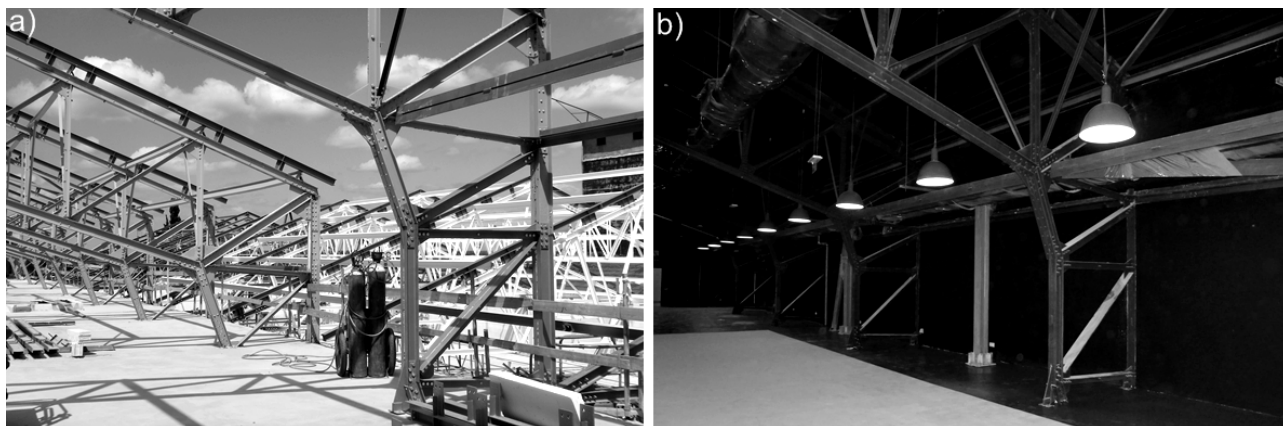
The contemporary shape of the building and bearing structure is a result of the adaptation of a complex of buildings for the exhibition, service and commercial center "DomEXPO". The change in the function of the object forced the introduction of numerous changes, necessary in order to adapt the object to contemporary requirements for this type of structures. The changes included, among others, the internal communication arrangement by introducing escalators and add-ons with staircases, walls were built to separate sanitary premises and fire zones.

The bearing structure, which was partly destroyed as the object was abandoned for a long period of time, was renovated. Elements of the main steel structure of the roofing, both steel bars and corroded riveted joints, required reconstruction. They were replaced with similar screw joints, due to the requirement to retain the characteristic appearance, dimensions and arrangement of joints (Fig. 1).

In order to adapt the object for exhibition purposes and organization of events, it was necessary to increase the cubic capacity of the top floor. The planned result, at the same time retaining the original nature of the structure, was obtained by raising the bearing structure of the roofing by 2.0 m. The structure was raised with use of hydraulic equipment (Fig. 2). Such solution of the problem was enabled by the application of

problemu było możliwe z uwagi na zastosowane płaskie układy kratownicowe, które pozwoliły na wprowadzenie istotnej zmiany bez demontażu konstrukcji nośnej (rys. 3).

two-dimensional truss systems which allowed the introduction of a significant change without disassembling the bearing structure (Fig. 3).



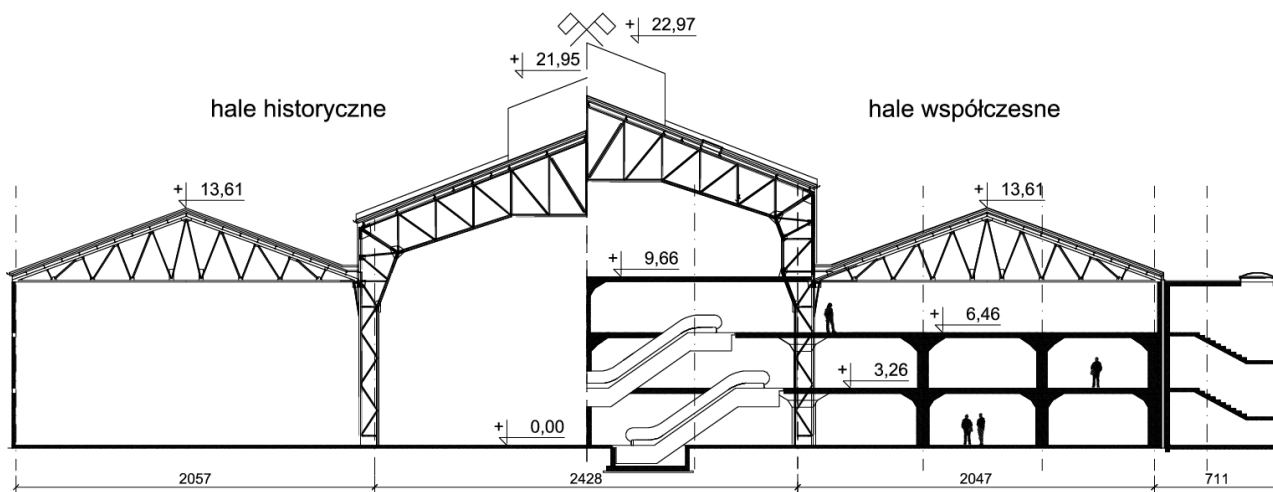
Rys. 2. Konstrukcja nośna środkowej nawy: a) w trakcie ponoszenia dźwigarów, b) po pracach wykończeniowych.
 Fig. 2. Main structure of the central bay: a) during raising girders, b) after the fit-out works.

3. Analiza historycznej i współczesnej konstrukcji

Historycznie hale przekryte były blachą trapezową bez ocieplenia. Wszystkie połączenia były nitowane, zakładkowe łączone blachami węzłowymi. Wolnopodparte płatwie przekazywały obciążenia z połaci dachu na pas górny dźwigarów kratowych. Przedwojenne konstrukcje wymiarowane były (o ile w ogóle były) metodą naprężeń liniowych, z niejawnymi współczynnikami globalnymi bezpieczeństwa, stąd nie można wprost porównać tak wyznaczonej nośności ze współczesną metodą stanów granicznych [6]. Konstrukcję historyczną, ze względu na brak dostępu do przedwojennych norm zagranicznych (Opole w tamtym czasie należało do Niemiec) zwymiarowano metodą naprężeń liniowych, przyjmując obciążenia według najstarszej dostępnej autorom polskiej normy z 1923r. [4].

3. Analysis of the historical and contemporary structure

Historically, the halls were covered by trapezoidal sheets without thermal insulation. All joints were riveted, overlapping, connected by gusset plate. Simply supported purlins transmitted the load from the roof surface to the truss girder top flange. The structural design of pre-war structures was prepared (if at all) with use of linear stress method, with implicit global safety factor, thus the loading capacity cannot be compared with a contemporary limit state method [6]. Due to the lack of access to pre-war foreign standards (as Opole belonged to Germany at that time) the historical structure were structurally designed with use of linear stress method, basing on adopted loads pursuant to the oldest Polish standard available to authors, of 1923 [4].



Rys. 3. Schemat konstrukcji historycznych ram (z lewej) i rzeczywisty, przebudowanych po wojnie oraz współcześnie (z prawej).
 Fig. 3. Diagram of historical main structure (left) and actual, rebuilt after the II world war and today (right).

Przyjęto trzy schematy obciążenia śniegiem: równomiernie rozłożone, niesymetryczne na połaciach z jednej strony oraz równomierne z workami śnieżnymi. Obciążenie od wiatru przyjęto w postaci parcia na połać dachu oraz ściany nawietrzne.

Maksymalne naprężenia charakterystyczne zgodnie z przewidywaniami powstały w miejscu gromadzenia się worków śnieżnych. Stwierdzono występowanie mocno przekroczonych naprężeń w płatwiach dachowych. Współcześnie wymieniono pokrycie na warstwowe ocieplone, dach został również dociążony systemem instalacji oraz oświetleniem. Przeciążone płatwie nadbudowano dodatkowym prętem stalowym, tworząc w ten sposób podwojony pas górny kratownicy obejmujący płatwie. Przy budowie modelu obliczeniowego uwzględniono zmieniony po wojnie układ konstrukcyjny na poziomach kondygnacji powtarzalnych, który silnie usztywnił konstrukcję stalową żelbetowymi stropami grzybkowymi (rys. 3). Współcześnie również istotnie zmieniły się normowe obciążenia środowiskowe. Przebudowaną konstrukcję zwymiarowano według norm europejskich metodą stanów granicznych [1, 2, 3].

4. Wnioski

Rewitalizacja zabytkowych kompleksów fabrycznych jest zadaniem problematycznym. Trudno znaleźć pomysł i ekonomicznie uzasadnioną funkcję, która pozwoliłaby zachować dzieło myśli inżynierskiej i jego dotychczasową wartość kulturową i materialną oraz maksymalną ilość oryginalnej konstrukcji. Szczególnie trudne jest zagospodarowanie budynków pozostałych po zabytkowych cementowniach, które składają się z kubaturowych obiektów poprodukcyjnych zlokalizowanych na dużym obszarze. Często o losach takich obiektów zaważają cechy konstrukcji. Solidne wykonanie budynków z trwałych materiałów może je uratować przed rozbiórką na rzecz renowacji czy przebudowy, szczególnie gdy konstrukcja nośna jest stalowa. Przewaga konstrukcji stalowych nad pozostałymi jest zauważalna na każdym etapie „życia” budynku ze względu na możliwość budowy, rozbudowy, użytkowania, rozbiórki i recyklingu bez uszczerbku dla środowiska naturalnego, dzięki czemu spełniają one założenia dyrektywy „zrównoważonego rozwoju” [7]. Niewykorzystanie tych atutów byłoby niepowetowaną stratą dla dziedzictwa kultury technicznej i przemysłowej miasta.

Literatura • References

- [1] PN-EN 1990 (2004), Eurokod. *Podstawy projektowania*. PKN Warszawa.
- [2] PN-EN 1991-1-3 (2005), Eurokod 1 *Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem*. PKN Warszawa.
- [3] PN-EN 1991-1-4 (2008), Eurokod 1 *Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Obciążenie wiatrem*. PKN Warszawa.
- [4] *Przepisy dotyczące obliczeń statycznych w budownictwie lądowym*, zatwierdzone przez Ministerstwo Robót Publicznych rozporządzeniem nr VIII-436 z dnia 20 maja 1923.
- [5] Rawska-Skotniczny A., Molak E. (2014), *Rewitalizacja zespołu dawnej cementowni „Silesia” w Opolu*. X Konferencja Naukowo-Techniczna „Inżynierskie Problemy Odnowy Staromiejskich Zespołów Zabytkowych” REW-INŻ 2014, Kraków 4-6 czerwca 2014.
- [6] Rawska-Skotniczny A., Piontek A. (2014), *Obciążenia w ujęciu historycznym*. XXIX Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 2014.
- [7] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska*. Dz.U. 2001 Nr 62 poz. 627.

Three schemes of snow load were assumed: uniformly distributed, asymmetrical on one side of the surfaces and even, with snow drifts. Wind load was adopted in form of pressure on the roof surface and windward walls.

The maximum characteristic stress occurred, as predicted, in the area where snow drifts were gathering. The occurrence of significantly excessive stress in the roof purlins was observed. Contemporarily the covering was changed into layered thermally insulated and the roof was additionally loaded with fittings and lighting system. The overloaded purlins were extended by additional steel bars, thus creating a double top flange of the truss encompassing the purlins. The development of the model for calculation purposes took into account the construction arrangement on the levels of repeating floors, changed after the war, which strongly stiffened the steel structure with reinforced concrete mushroom structures (Fig. 3). Also the standards of environmental load have changed significantly in modern times. The structural design of the reconstructed structure was calculated according to European standards, with use of the limit state method [1, 2, 3].

4. Conclusions

The revitalisation of historical manufacturing plant complexes is quite problematic. It is difficult to find an idea and an economically justified function that would allow to preserve the work of engineering thought along with its cultural and substantial value as well as the maximum part of the original structure. It is particularly difficult to develop buildings that are remnants of historical cement plants, which consist of large-capacity post-manufacturing objects located in a large area. Often the characteristics of the structure are what decides about the fate of such objects. If the buildings are solid and built from durable materials, they might be saved from demolition and renovated or reconstructed instead, especially if the superstructure is made of steel. The advantage of steel structures over other types is noticeable on every stage of "life" of the building, due to the possibility to develop, expand, use, demolish and recycle it without causing harm to the environment, which enables such structures to meet the requirements of the "sustainable development" directive [7]. Failure to benefit from these advantages would cause an irrevocable damage to the technical and industrial cultural heritage of the city.