



Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku  
Politechnika Białostocka

**SPECJALNOŚĆ: KBI - Konstrukcje Budowlane i Inżynierskie**

**PRACA DYPLOMOWA  
MAGISTERSKA**

**Projekt konstrukcji  
budynku biblioteki uniwersyteckiej**

**Autor:** inż. Jan Klimasara  
**Promotor:** dr inż. Mariusz Gnatowski  
**Recenzent:** dr hab. inż. Jolanta Anna Prusiel

**Rok akademicki: 2018/2019**

# Spis treści

<b>1. Wstęp</b>	<b>8</b>
1.1. Uzasadnienie aktualności tematu	8
1.2. Przedmiot pracy dyplomowej	9
1.3. Cel pracy	9
1.4. Zakres pracy	10
1.5. Przegląd literatury naukowo-technicznej, norm i rozporządzeń	10
1.5.1. Kształtowanie obiektów użyteczności publicznej wg [R1]	10
1.5.2. Określenie warunków projektowych posadowienia obiektu wg [R2]	17
1.5.3. Kształtowanie optymalnej przestrzeni użytkowej biblioteki wg [3]	19
1.6. Przykładowe realizacje bibliotek uczelni wyższych w Polsce i na świecie	24
1.7. Koncepcja własna	29
<b>2. Opis techniczny</b>	<b>32</b>
2.1. Ogólna charakterystyka obiektu	32
2.2. Lokalizacja	44
2.3. Warunki posadowienia (gruntowo-wodne)	45
2.4. Charakterystyki elementów konstrukcyjnych	45
<b>3. Obliczenia statyczne - sekcja nr 10</b>	<b>47</b>
3.1. Zebranie obciążeń (dla całej konstrukcji)	47
3.1.1. Obciążenia stałe i zmienne - konstrukcyjne	47
3.1.2. Obciążenia zmienne zewnętrzne - warunki atmosferyczne [11]	54
3.1.3. Metody analityczne obliczania sił wewnętrznych	69
3.1.4. Skurcz betonu	70
3.1.5. Schematy obciążeń konstrukcji	73
3.1.6. Kombinacje obciążeń	85

<b>4.</b>	<b>Modelowanie numeryczne</b>	<b>87</b>
4.1.	Elementy powierzchniowe	88
4.1.1.	Płyty	88
4.1.2.	Ściany	90
4.2.	Elementy prętowe	90
4.2.1.	Belki	90
4.2.2.	Słupy	90
4.3.	Posadowienie	91
4.3.1.	Stopy fundamentowe monolityczne	91
4.3.2.	Płyty fundamentowe	92
4.4.	Dylatacje	93
4.5.	Siatkowanie w metodzie elementów skończonych (MES)	95
<b>5.</b>	<b>Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych - płyty</b>	<b>98</b>
5.1.	Siły wewnętrzne do wymiarowania	98
5.2.	Stan graniczny nośności (ULS)	101
5.2.1.	Wymiarowanie zbrojenia górnego płyt	108
5.2.2.	Wymiarowanie zbrojenia dolnego płyt	112
5.2.3.	Sprawdzenie nośności wymiarowanych przekrojów płyt	114
5.3.	Stan graniczny użytkowalności (SLS)	118
5.3.1.	Sprawdzenie zarysowania (pkt. 7.3 [N5])	120
5.3.2.	Sprawdzenie ugięcia (pkt. 7.4 [N5])	128
5.4.	Stan graniczny nośności (ULS) oraz użytkowalności (SLS) płyt - Dlubal RFEM	132
5.4.1.	ULS - wymiarowanie zbrojenia płyt żelbetowych - Dlubal RFEM 5.20	132
5.4.2.	SLS - weryfikacja ugięć i zarysowań płyt żelbetowych - Dlubal RFEM 5.20	135
5.5.	Analiza przebiecia płyt żelbetowych	142

<b>6. Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych - słupy</b>	<b>144</b>
6.1. Stan graniczny nośności (ULS)	148
6.1.1. Kryterium smukłości słupów (pkt. 5.8.3 [N5])	148
6.1.2. Minimalne i maksymalne zbrojenie słupów (tabl. 13.2 [5])	151
6.1.3. Sprawdzenie nośności elementów zginanych w jednym kierunku	152
6.1.4. Sprawdzenie nośności elementów dwukierunkowo zginanych (tabl. 13.12 [5])	159
6.1.5. Sprawdzenie nośności w ściskanym elemencie o przekroju prostokątnym - metoda uproszczona: (Rys. 5.21. [10])	164
6.2. Stan graniczny nośności (ULS) - Dlubal RFEM 5.20	170
<b>7. Wymiarowanie elementów konstrukcyjnych - fundamenty</b>	<b>174</b>
7.1. Stan graniczny nośności (ULS) fundamentów - projektowanie płyty fundamentowej - Dlubal RFEM 5.20	174
7.1.1. Współczynnik podatności podłoża gruntowego (pkt. 9.4 [8])	174
7.1.2. Współczynnik sprężystości podłoża gruntowego - RF-SOILIN	175
7.1.3. Ugięcie oraz zbrojenie płyty fundamentowej - RF-CONCRETE Surfaces	178
7.2. Stan graniczny nośności (ULS) fundamentów - projektowanie stopy fundamentowej oraz bloku fundamentowego [N6] - RF-FOUNDATION	182
<b>8. Zalecenia kształtowania zbrojenia według normy [N5] oraz [4], [5]</b>	<b>186</b>
<b>9. Wnioski i podsumowanie</b>	<b>190</b>
Wykaz literatury	192
Akty ustawodawcze i normy	193
Strony internetowe	193
Artykuły problemowe	194
Wykaz rysunków	195
Załączniki: Z-1, Z-2, Z-3, Z-4, Z-5, Z-6, Z-7, Z-8, Z-9, Z-10, Z-11	

## **Temat pracy:**

Projekt konstrukcji biblioteki uniwersyteckiej

## **STRESZCZENIE**

Celem pracy dyplomowej było zaprojektowanie wybranych elementów konstrukcji żelbetowej biblioteki uniwersyteckiej, wykonanej w technologii monolitycznej. Projekt obiektu opiera się na ustroju mieszanym - współpracują ze sobą wszystkie elementy konstrukcyjne (belki, słupy, ściany i płyty). Ze względu na duże gabaryty konstrukcji, posiadającej dziesięć segmentów dylatacyjnych - analizie poddano dwie symetryczne sekcje konstrukcji, dla których dokonano wymiarowania metodą analityczną oraz komputerową płyt i słupów, natomiast wymiarowanie belek, analizy przebicia płyt oraz fundamenty zaprojektowano wyłącznie metodą komputerową. Budynek jest w pełni symetryczny wzdłuż swojej osi podłużnej (bryła żaglowca), obiekt nie ma stałej wysokości - różni się ona zależności od segmentu, który definiuje liczbę kondygnacji.

Pierwszy rozdział pracy określa cel i zakres pracy, podaje podstawowe informacje dotyczące projektowania bibliotek oraz budynków użyteczności publicznej.

Drugi rozdział jest opisem technicznym, który informuje o wymiarach geometrycznych, danych materiałowych obliczanych elementów konstrukcji.

W trzeciej części pracy zawarto zestawienie obciążeń, przeprowadzono analizę obciążenia wiatrem - tunel aerodynamiczny (Autodesk Robot Structural 2020). Przedstawiono graficznie wszystkie schematy obciążeń oraz wyjaśniono sposób tworzenia kombinacji obciążeń. Obliczenia statyczne przeprowadzono przy użyciu metody komputerowej - MES za pomocą programu Dlubal RFEM 5.20, ustalono wpływ skurczu na konstrukcje betonowe..

Paragraf czwarty przedstawia modelowanie komputerowe elementów konstrukcyjnych. Wyjaśniono wpływ przyjętego modelu na obliczenia statyczne.

Rozdział piąty przedstawia wymiarowanie płyt żelbetowych według literatury naukowo-technicznej. Następuje porównanie wyników z metody analitycznej oraz komputerowej, na podstawie którego dobrane jest właściwe zbrojenie. Przeanalizowano również zjawisko przebicia z pomocą modułu programu RFEM.

Rozdział szósty dotyczy analizy słupów dwoma metodami obliczeniowymi, analityczną metodą nominalnej sztywności oraz metodą słupa modelowego (metoda nominalnej krzywizny) w ujęciu komputerowym.

Siódmy paragraf zawiera założenia do kompleksowego projektowania posadowienia oraz niektóre wyniki - płyt, bloków oraz stóp fundamentowych z uwzględnieniem podatności podłoża warstwowego podczas obliczania sił wewnętrznych.

Część ósma stanowi o kształtowaniu zbrojenia na podstawie obowiązujących norm i obliczeń z rozdziałów od piątego do ósmego pracy dyplomowej.

W rozdziale dziewiątym wnioski, powstałe podczas opracowywania tematu, a także podsumowanie analiz, dotyczących projektowanego obiektu.

Na końcu pracy znajduje się spis literatury naukowo-technicznej, norm projektowych, artykułów, a także stron internetowych, których zawartość była przydatna w procesie tworzenia koncepcji, modeli obliczeniowych oraz projektowania konstrukcji.

Ostatnia część zawiera załącznik w formie raportu obliczeniowego, zawierający wyniki obliczeń stanów granicznych, wygenerowanego z programu RFEM - płyty oraz fundamenty. Obecne są również rysunki architektoniczno-budowlane oraz konstrukcyjne zwymiarowanych elementów wygenerowane na podstawie utworzonego modelu BIM w programie Tekla Structures 2019.

**Thesis topic:**

Construction design of an university library

**SUMMARY**

The main goal of the thesis was the design of selected construction elements of a reinforced concrete university library made in monolithic technology. The object's design is based on a mixed system - all structural elements (beams, columns, walls and slabs) work together. Due to the large dimensions of the structure, which has ten dilatation segments, two symmetrical sections of the structure were analyzed, for which analytical and computer dimensioning of plates and columns was made, while beams dimensioning, slabs puncture analysis and foundations were designed only by computer method. The building is fully symmetrical along its longitudinal axis (the body of the sailing ship), the object does not have a fixed height - it differs depending on the segment that defines the number of floors.

The first chapter of the work defines the purpose and scope of work, provides basic information on the design of libraries and public buildings.

The second chapter is a technical description that informs about geometrical dimensions, material data of calculated structural elements.

The third part of the work contains a list of loads, analysis of wind load – aerodynamic wind tunnel (Autodesk Robot Structural 2020). All load diagrams are presented graphically and the method of creating load combinations is explained. Static calculations were carried out using the computer method - FEM using the Dlubal RFEM 5.20 program, the effect of shrinkage on concrete structures was determined.

The fourth paragraph presents computer modeling of structural elements. The influence of the adopted model on static calculations was explained.

Chapter number five presents the dimensioning of reinforced concrete slabs according to scientific and technical literature. The results of the analytical and computer methods are compared, based on which the appropriate reinforcement is selected. Puncture phenomenon was also analyzed with the help of the RFEM module.



The sixth chapter concerns the analysis of columns with two calculation methods, the analytical method of nominal stiffness and the model column method (nominal curvature method) from a computer adaptation.

The seventh paragraph contains assumptions for the comprehensive design of the foundation and some results - slabs, blocks and footings, taking into account the susceptibility of the layered soil when calculating internal forces.

Part eight provides reinforcement based on applicable standards and calculations from chapters five through eighth.

In chapter nine, conclusions arising during the development of the topic, as well as a summary of analyzes regarding the designed facility.

At the end of the thesis there is a list of scientific and technical literature, design standards, articles, as well as websites whose content was useful in the process of creating concepts, computational models and structure design.

The last part is an annex in the form of a calculation report, containing the results of calculations of limit states, generated from RFEM - columns and foundations. There are also architectural and construction drawings of dimensioned elements generated on the basis of the BIM model created in Tekla Structures 2019.

