



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWNICTWA,
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ARCHITEKTURY**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Katedra Konstrukcji Budowlanych

PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

**Analiza konstrukcji budynku z
murowanymi i żelbetowymi
elementami usztywniającymi**

inż. Tomasz CIOCH

Promotor: dr inż. Lidia BUDA-OŻÓG

Rzeszów, 2017

*Składam serdeczne podziękowania Pani
Promotor dr inż. Lidii Budzie-Ożóg, za
poświęcony mi czas oraz cenną pomoc w
przygotowaniu pracy magisterskiej.
inż. Tomasz Cioch*

SPIS TREŚCI

I. WPROWADZENIE	- 5 -
I.1. WSTĘP	- 5 -
I.2. CEL I ZAKRES PRACY	- 5 -
I.3. BUDYNKI WYSOKOŚCIOWE	- 5 -
I.3.1. <i>Ogólna charakterystyka</i>	- 5 -
I.3.2. <i>Historia</i>	- 6 -
I.3.3. <i>Kształtowanie</i>	- 8 -
I.3.3.1. Posadowienie	- 8 -
I.3.3.2. Stropy	- 8 -
I.3.3.3. Elewacja	- 8 -
I.3.3.4. Konstrukcja	- 9 -
I.3.4. <i>Wymagania stawiane budynkom</i>	- 9 -
I.3.4.1. Wymagania funkcjonalne	- 9 -
I.3.4.2. Wymagania techniczne	- 10 -
I.3.4.3. Wymagania przeciwpożarowe	- 11 -
I.4. BUDYNKI O KONSTRUKCJI TRZONOWEJ	- 11 -
I.4.1. <i>Informacje ogólne</i>	- 11 -
I.4.2. <i>Ustroje trzonowe</i>	- 11 -
I.4.2.1. Ustroje trzonowe wspornikowe	- 11 -
I.4.2.2. Ustroje trzonowe wieszarowe	- 12 -
I.4.2.3. Ustroje trzonowe szkieletowe	- 12 -
I.4.2.4. Ustroje typu trzon w trzonie	- 12 -
I.4.3. <i>Funkcje trzonu</i>	- 12 -
I.4.4. <i>Kształtowanie trzonu</i>	- 13 -
I.4.5. <i>Przykłady zrealizowanych budynków</i>	- 13 -
I.4.5.1. Budynki z pojedynczym trzonem	- 13 -
I.4.5.2. Budynki wielotrzonowe	- 15 -
I.4.5.3. Budynki typu trzon w trzonie	- 15 -
I.5. ELEMENTY MUROWE	- 17 -
I.5.1. <i>Ściany usztywniające</i>	- 17 -
I.5.2. <i>Mury skrępowane</i>	- 17 -
I.5.3. <i>Połączenia ścian ze stropami</i>	- 18 -
II. ANALIZA	- 19 -
II.1. KONCEPCJA	- 19 -
II.1.1. <i>Ogólna charakterystyka budynku</i>	- 19 -
II.1.2. <i>Inspiracje</i>	- 19 -
II.2. PODSTAWY ANALIZY	- 20 -
II.2.1. <i>Założenia początkowe</i>	- 20 -
II.2.2. <i>Warianty porównawcze</i>	- 20 -
II.2.2.1. Wariant nr 1	- 20 -
II.2.2.2. Wariant nr 2	- 21 -
II.2.2.3. Wariant nr 3	- 22 -
II.2.2.4. Wariant nr 4	- 22 -
II.2.3. <i>Cel analizy</i>	- 23 -
II.3. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ	- 24 -
II.3.1. <i>Obciążenia stałe</i>	- 24 -
II.3.2. <i>Obciążenia zmienne – użytkowe</i>	- 27 -
II.3.3. <i>Obciążenia zmienne – śnieg</i>	- 28 -
II.3.4. <i>Obciążenia zmienne – wiatr</i>	- 28 -
II.3.4.1. Obliczenia normowe	- 29 -
II.3.4.2. Symulacja obciążenia wiatrem za pomocą programu Revit	- 34 -
II.3.5. <i>Schematy obciążeń</i>	- 36 -
II.3.6. <i>Obciążenia wprowadzone do programu</i>	- 37 -
II.3.7. <i>Kombinatoryka</i>	- 37 -
II.4. ANALIZA WYNIKÓW	- 39 -
II.4.1. <i>Sposób przeprowadzania obliczeń</i>	- 39 -
II.4.2. <i>Analiza porównawcza – część pierwsza</i>	- 39 -

II.4.2.1. Płyta stropowa – momenty zginające	- 39 -
II.4.2.1. Płyta stropowa – Siły osiowe	- 43 -
II.4.2.2. Kąt obrotu stropów	- 47 -
II.4.2.3. Słupy	- 48 -
II.4.2.4. Stateczność budynku	- 49 -
II.4.2.5. Dobór wariantu do dalszej części analizy	- 50 -
II.4.3. Analiza porównawcza – część druga	- 51 -
II.4.3.1. Płyta stropowa – momenty zginające oraz siły osiowe	- 51 -
II.4.3.2. Kąt obrotu stropów	- 51 -
II.4.3.3. Słupy	- 52 -
II.4.3.4. Deformacja budynku	- 52 -
II.4.3.5. Dobór wariantu	- 53 -
II.4.4. Podsumowanie analizy	- 53 -
II.4.5. Wizualizacja	- 55 -
III. PROJEKT KONSTRUKCYJNY	- 56 -
III.1. OPIS TECHNICZNY	- 56 -
III.1.1. Podstawa opracowania	- 56 -
III.1.2. Dane ogólne	- 56 -
III.1.3. Zakres projektu	- 56 -
III.1.4. Ogólna koncepcja konstrukcji	- 56 -
III.1.5. Opis wybranych elementów i ustrojów	- 57 -
III.1.5.1. Płyta fundamentowa	- 57 -
III.1.5.2. Słup wewnętrzny	- 57 -
III.1.5.3. Strop kondygnacji pośredniej	- 57 -
III.1.5.4. Ściana usztywniająca	- 58 -
III.1.6. Instalacje budowlane	- 58 -
III.1.7. Przyjęte obciążenia	- 58 -
III.1.8. Przyjęte materiały	- 58 -
III.1.9. Metody obliczeń statycznych	- 58 -
III.1.10. Warunki gruntowe	- 58 -
III.1.11. Wymagania przeciwpożarowe	- 59 -
III.1.12. Charakterystyka agresywności środowiska	- 59 -
III.1.13. Ogólne zasady wykonania	- 59 -
III.2. OGÓLNE ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE	- 60 -
III.2.1. Dobór materiałów konstrukcyjnych	- 60 -
III.2.1.1. Klasa ekspozycji	- 60 -
III.2.1.2. Beton	- 60 -
III.2.1.3. Stal zbrojeniowa	- 61 -
III.2.2. Wymagania przeciwpożarowe	- 62 -
III.3. PŁYTA STROPOWA	- 63 -
III.3.1. Schemat statyczny	- 63 -
III.3.2. Zestawienie obciążeń	- 63 -
III.3.3. Obliczenia statyczne	- 63 -
III.3.3.1. Model obliczeniowy	- 63 -
III.3.3.1. Kombinacje obciążeń	- 64 -
III.3.3.2. Wyniki obliczeń	- 64 -
III.3.4. Dobór materiałów konstrukcyjnych	- 68 -
III.3.5. Wymagania przeciwpożarowe	- 68 -
III.3.6. Otulenie zbrojenia	- 69 -
III.3.6.1. Otulina minimalna	- 69 -
III.3.6.2. Otulina nominalna	- 69 -
III.3.6.3. Sprawdzenie warunków przeciwpożarowych	- 70 -
III.3.7. Nośność na zginanie	- 70 -
III.3.7.1. Wysokość użyteczna	- 70 -
III.3.7.2. Minimalne pole przekroju zbrojenia	- 71 -
III.3.7.3. Maksymalne pole przekroju zbrojenia	- 71 -
III.3.7.4. Maksymalny rozstaw zbrojenia	- 71 -
III.3.7.5. Wymagane pole przekroju zbrojenia	- 71 -
III.3.7.6. Obliczone zbrojenie	- 73 -
III.3.8. Nośność na ścianie	- 74 -

III.3.8.1. Wyznaczenie siły poprzecznej	- 74 -
III.3.8.2. Sprawdzenie nośności na ścinanie	- 74 -
III.3.9. Nośność na przebicie	- 75 -
III.3.9.1. Słup wewnętrzny I	- 76 -
III.3.9.2. Słup narożny II	- 82 -
III.3.9.3. Słup krawędziowy III	- 85 -
III.3.9.4. Narożnik ściany IV	- 90 -
III.3.10. Sprawdzenie zarysowania	- 95 -
III.3.10.1. Przęsło	- 95 -
III.3.10.2. Podpora	- 97 -
III.3.11. Sprawdzenie ugięć	- 100 -
III.3.12. Konstruowanie zbrojenia	- 100 -
III.3.12.1. Wewnętrzna średnica zagięć prętów	- 100 -
III.3.12.2. Długość zakładu zbrojenia podłużnego	- 102 -
III.4. SŁUP	- 104 -
III.4.1. Schemat statyczny	- 104 -
III.4.2. Zestawienie obciążeń	- 104 -
III.4.3. Obliczenia statyczne	- 104 -
III.4.3.1. Kombinacje obciążeń	- 104 -
III.4.3.2. Wyniki obliczeń	- 104 -
III.4.4. Dobór materiałów konstrukcyjnych	- 105 -
III.4.5. Wymagania przeciwpożarowe	- 105 -
III.4.6. Otulenie zbrojenia	- 105 -
III.4.6.1. Otulina minimalna	- 105 -
III.4.6.2. Otulina nominalna	- 106 -
III.4.7. Obliczenia wstępne	- 106 -
III.4.7.1. Wyznaczenie długości efektywnej słupa	- 106 -
III.4.7.2. Imperfekcje geometryczne	- 106 -
III.4.7.3. Smukłość słupa	- 107 -
III.4.7.4. Uwzględnianie efektów II rzędu	- 107 -
III.4.8. Wyznaczenie zbrojenia	- 108 -
III.4.8.1. Minimalne pole przekroju zbrojenia podłużnego	- 108 -
III.4.8.2. Maksymalne pole przekroju zbrojenia podłużnego	- 108 -
III.4.8.3. Siły w słupie	- 108 -
III.4.8.4. Obliczenie zbrojenia głównego na kierunku Z	- 108 -
III.4.8.5. Moment wywołany minimalnym mimośrodem	- 108 -
III.4.8.6. Wstępne wyznaczenie pola przekroju zbrojenia głównego	- 109 -
III.4.8.7. Moment zginający wywołany efektami II rzędu	- 109 -
III.4.8.8. Sprawdzenie momentu granicznego	- 110 -
III.4.8.9. Obliczenie zbrojenia głównego na kierunku Y	- 111 -
III.4.9. Nośność elementów zginanych ukośnie	- 111 -
III.4.10. Zestawienie wyników	- 112 -
III.4.11. Określenie odporności ogniowej	- 113 -
III.4.11.1. Warunki do użycia metody A	- 113 -
III.4.11.2. Odporność ogniowa słupa	- 114 -
III.4.11.3. Zestawienie wyników	- 115 -
III.4.12. Konstruowanie zbrojenia	- 115 -
III.4.12.1. Zbrojenie poprzeczne	- 115 -
III.4.12.2. Wewnętrzna średnica zagięć prętów	- 116 -
III.4.12.3. Długość zakładu zbrojenia podłużnego	- 116 -
III.4.12.4. Długość zakotwienia zbrojenia podłużnego	- 116 -
III.5. ŚCIANA MUROWANA	- 116 -
III.5.1. Schemat statyczny	- 116 -
III.5.2. Zestawienie obciążeń	- 117 -
III.5.3. Obliczenia statyczne	- 117 -
III.5.3.1. Kombinacje obciążeń	- 117 -
III.5.3.2. Wyniki obliczeń	- 117 -
III.5.1. Dobór materiałów konstrukcyjnych	- 117 -
III.5.2. Wymagania przeciwpożarowe	- 117 -
III.5.3. Określenie wytrzymałości	- 117 -
III.5.3.1. Nośność na ścinanie	- 117 -
III.5.3.2. Nośność na zginanie	- 118 -

III.5.3.3. Nośność na ściskanie	- 119 -
III.5.3.4. Odporność ogniowa	- 123 -
IV. PODSUMOWANIE	- 124 -
V. BIBLIOGRAFIA	- 125 -
VI. SPIS TABEL I RYSUNKÓW.....	- 127 -

Dokumentacja rysunkowa:

Rysunki architektoniczno-budowlane

A01. Rut garażu podziemnego

A02. Rzut kondygnacji 18

A03. Przekrój A–A

Rysunki konstrukcyjne

K01. Schemat konstrukcyjny – kondygnacja 19

K02. Strop nad 19 kondygnacją – zbrojenie dolne

K03. Strop nad 19 kondygnacją – zbrojenie górne

K04. Zbrojenie strefy podporowej – kondygnacja 19

K05. Słup wewnętrzny S-1-1; S-2-1; S-3-1

STRESZCZENIE PRACY DYPLOMOWEJ MAGISTERSKIEJ

ANALIZA KONSTRUKCJI BUDYNKU Z MUROWANYMI I ŻELBETOWYMI ELEMENTAMI USZTYWNIAJĄCYMI

Autor: inż. Tomasz Cioch

Opiekun: dr inż. Lidia Buda-Ożóg

Słowa kluczowe: konstrukcja żelbetowa, elementy usztywniające, elementy murowe, analiza, budynek wysoki

Przedmiotem pracy dyplomowej jest analiza usytuowania trzonów usztywniających oraz wpływu elementów murowych na sztywność konstrukcji. Budynek został zaprojektowany w konstrukcji żelbetowej, szkieletowej. Posiada 20 kondygnacji nadziemnych oraz trzy podziemne. Zakres pracy obejmuje: wstęp, analizę oraz projekt konstrukcyjny. Analiza składa się z dwóch części gdzie uwzględniono 4 warianty budynku. Do obliczeń numerycznych wykorzystano program RFEM. Część projektowa składa się z obliczeń wybranych elementów: płyty stropowej, słupa oraz ściany murowanej. Całość uzupełnia dokumentacja rysunkowa.

RZESZOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Civil and Environmental Engineering and Architecture
Department of Building Structures

Rzeszow, 2017

DIPLOMA THESIS MS ABSTRACT

ANALYSIS OF THE BUILDING STRUCTURE WITH MASONRY AND REINFORCED CONCRETE STIFFENERS

Author: inż. Tomasz Cioch

Supervisor: dr inż. Lidia Buda-Ożóg

Key words: reinforced concrete construction, stiffening elements, masonry elements, analysis, high building

The subject of the diploma thesis is the analysis of cores location and influence of the masonry elements on stiffness of the construction. The building is based on reinforced concrete frame construction. It consist of 20 above-the-ground storeys and three underground storeys. The scope of the thesis consist of the introduction, the analysis and the structural design. The analysis is divided into two parts and 4 variants of the building are included. RFEM software was used for numerical analysis. The project part includes calculation of the selected components: a flat slab, a column and a masonry wall. The project is supported with appropriate drawings.