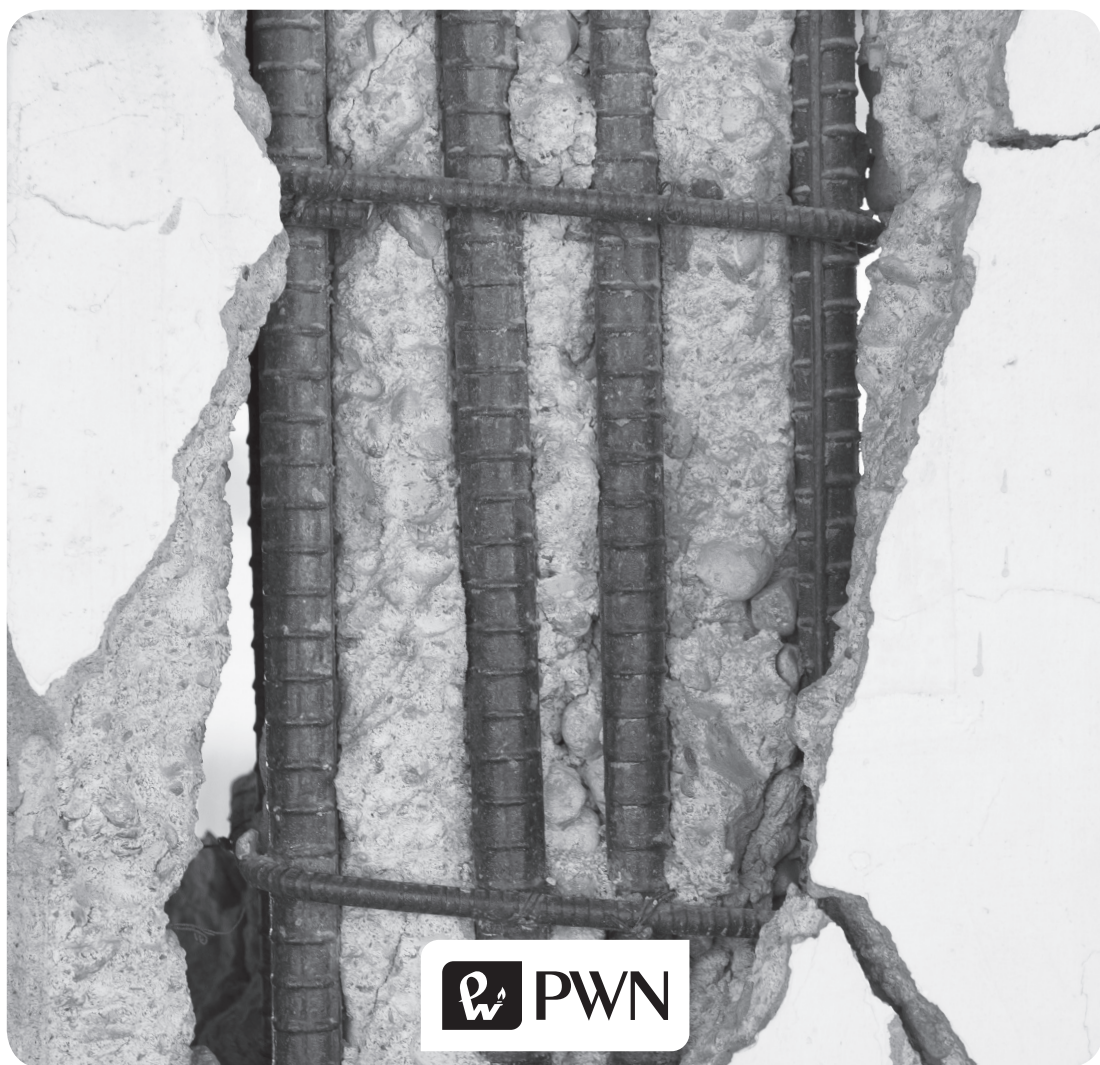


Tadeusz Urban

WZMACNIANIE KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH METODAMI TRADYCYJNYMI



PWN

**WZMACNIANIE
KONSTRUKCJI
ŻELBETOWYCH
METODAMI
TRADYCYJNYMI**



Tadeusz Urban

**WZMACNIANIE
KONSTRUKCJI
ŻELBETOWYCH
METODAMI
TRADYCYJNYMI**

Opiniodawca **prof. dr hab. inż. Michał Knauff**

Projekt okładki i stron tytułowych **Kuba Sowiński**

Ilustracja na okładce **Tom Wang/Shutterstock**

Wydawca **Izabela Ewa Mika**

Redaktor prowadzący **Irena Puchalska**

Redaktor **Mieczysława Kompanowska**

Koordynator produkcji **Mariola Grzywacka**

Skład i łamanie **Ewa Szelażyńska, ScanSystem.pl**

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2015

ISBN 978-83-01-18185-7

Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl, www.pwn.pl
www.pwn.pl

Druk i oprawa: Pabianickie Zakłady Graficzne SA

Spis treści

Spis treści	V
Słowo od Autora	VII
1. Wprowadzenie	1
2. Ocena wzmacnianej konstrukcji w świetle przepisów normo- wych	3
3. Wzmacnianie elementów zginanych	15
3.1. Możliwe sposoby wzmacniania przekrojów zginanych	15
3.2. Wzmacnianie za pomocą dodatkowego zbrojenia rozciąganego ..	16
3.2.1. Rozważania teoretyczne	16
3.2.2. Przykład obliczeniowy P1 – wzmocnienie belki na zgina- nie za pomocą dodatkowego zbrojenia rozciąganego	19
3.2.3. Aspekty techniczne wzmacniania dodatkowym zbrojeniem	23
3.3. Wzmacnianie za pomocą dodatkowego zbrojenia rozciąganego z jednoczesnym zwiększeniem wysokości przekroju	28
3.4. Wzmacnianie za pomocą nadbetonu	31
3.4.1. Rozważania teoretyczne	31
3.4.2. Przykład obliczeniowy P2 – wzmocnienie płyty na zgina- nie za pomocą nadbetonu	38
3.5. Wzmacnianie za pomocą zbrojenia zewnętrznego	48
3.5.1. Badania eksperymentalne	48
3.5.2. Przykład obliczeniowy P3 – wzmocnienie płyty za pomocą płaskowników	56

3.6. Wzmacnianie zewnętrznym zbrojeniem aktywnym	63
3.6.1. Rozważania teoretyczne	63
3.6.2. Przykłady realizacji wzmocnień ciągnami aktywnymi ...	67
3.6.3. Przykład obliczeniowy P4 – wzmocnienie dachowego dźwigara żelbetowego ciągnami aktywnymi	70
3.7. Wzmacnianie elementów zginanych przez zmianę schematu sta- tycznego	84
3.7.1. Dodatkowe podpory sztywne	84
3.7.2. Dodatkowe podpory sprężyste	86
3.7.2. Zwiększenie stopnia statycznej niewyznaczalności wzmac- nianej konstrukcji	89
4. Wzmacnianie belek na ścinanie	93
4.1. Klasyczne sposoby wzmacniania na ścinanie	93
4.2. Wzmacnianie stref podporowych zbrojeniem wklejanym	95
4.3. Przykład obliczeniowy P5 – wzmocnienie belki na ścinanie	98
5. Wzmacnianie krótkich wsporników	105
5.1. Teoretyczne podstawy wzmacniania krótkich wsporników	105
5.2. Przykłady wzmacniania krótkich wsporników elementami stalo- wymi	112
5.3. Badania własne wzmacniania krótkich wsporników	115
5.4. Przykład obliczeniowy P6 – wzmocnienie krótkiego wspornika wklejanym zbrojeniem	121
6. Wzmacnianie płyt na przebiecie	129
6.1. Uwagi ogólne na temat przebiecia	129
6.2. Wzmacnianie przez zwiększenie stopnia zbrojenia głównego płyty	130
6.3. Wzmacnianie przez zwiększenie wymiarów podpory	139
6.4. Wzmacnianie za pomocą zbrojenia poprzecznego	146
6.5. Przykład P7 – wzmocnienie płyty na przebiecie przez zwiększenie stopnia zbrojenia głównego	149
7. Wzmacnianie słupów	159
7.1. Wzmacnianie za pomocą żelbetowych gorsetów	159
7.2. Wzmacnianie za pomocą stalowych kształtowników	164
7.3. Przykład P8 – wzmocnienie słupa za pomocą żelbetowego gorsetu	176
7.4. Przykład P9 – wzmocnienie słupa za pomocą stalowego gorsetu .	179
8. Wzmacnianie fundamentów	183
Bibliografia	191

Słowo od Autora

Pomysł napisania tej książki nasunął mi się w związku z wykładem przygotowanym na XXIX Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, które odbyły się w Szczyrku w marcu 2014 roku. Ich tematem była szeroka problematyka wzmocnień i napraw konstrukcji żelbetowych. Mój wykład obejmował wyłącznie wzmacnianie konstrukcji żelbetowych przez konstrukcje żelbetowe. W książce uwzględniłem również wzmacnianie elementami konstrukcji stalowych, podałem też wiele przykładów obliczeniowych stanowiących uzupełnienie poszczególnych tematów. Omówiłem wzmocnienia jedynie podstawowych elementów konstrukcyjnych, takich jak: belki, płyty, słupy i krótkie wsporniki.

Zdaję sobie sprawę, że książka ta nie wyczerpuje całkowicie obszernej problematyki wzmocniania konstrukcji z betonu. Świadomie ograniczyłem się do wzmocnień z zastosowaniem stali i betonu oraz wykorzystaniem kleju żywicznego w niektórych przypadkach. Prezentowane tu wzmocnienia można zaliczyć raczej do rozwiązań tradycyjnych, które mają przede wszystkim charakter aplikacyjny i mogą być przydane w eksperckiej praktyce inżynierskiej.

Współczesna literatura naukowa dotycząca wzmocnień konstrukcji budowlanych koncentruje się na zastosowaniach zbrojeń niemetalowych – przede wszystkim różnego rodzaju taśm, prętów i mat typu FRP (*Fiber Reinforced Plastic*). Zainteresowanie badawcze tymi materiałami nie przełożyło się jednak jeszcze na powszechną praktykę wykonawczą, choć mamy już wiele przykładów zastosowań tych materiałów. Na uwagę zasługują zwłaszcza wzmocnienia za pomocą taśm CFRP (*Carbon Fiber*

Reinforced Plastic), w których wykorzystuje się włókna węglowe. Zastosowanie tych materiałów, ze względu na ich odrębną specyfikę, wymaga jednak oddzielnego opracowania.

W tej książce Czytelnik nie znajdzie zbyt wielu informacji na temat napraw konstrukcji żelbetowych niewymagających zwiększenia ich nośności. Świadomie skoncentrowałem się na stanie granicznym nośności, aby nie konkurować ze znakomitym dziełem *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych* autorstwa *Lecha Czarneckiego* i *Petera H. Emmons*a wydanym w 2002 r. przez Polski Cement [10]. W związku z tym problematyka iniekcji również znalazła się poza zakresem książki.

Tadeusz Urban
Łódź, luty 2015 r.

Problematyka napraw i wzmocnień konstrukcji budowlanych była przedmiotem wielu opracowań książkowych, z których na uwagę zasługują polskojęzyczne monografie [25, 28, 38, 41]. Od momentu ich publikacji nastąpił znaczący postęp w teorii żelbetu oraz materiałach. Współczesny inżynier dysponuje narzędziami umożliwiającymi bardziej wyrafinowaną analizę konstrukcji oraz ma możliwości wykorzystania współczesnych materiałów niedostępnych jeszcze kilkadziesiąt czy kilkanaście lat temu. To skłoniło autora do podjęcia tematu na nowo z uwzględnieniem najnowszej wiedzy. O tym, że tematyka wzmacniania konstrukcji jest nadal aktualna, świadczą liczne artykuły pojawiające się w czasopismach technicznych i materiałach konferencyjnych [20, 29, 37, 40, 42].

Potrzeba wzmacniania konstrukcji budowlanych lub ich napraw wynika z różnych przyczyn. Statystyki odnotowanych awarii [38] wykazują, że najczęstszym powodem ich powstania są błędy popełnione podczas użytkowania obiektów (około 40%), błędy wykonawcze (około 35%) i błędy projektowe (około 25%). W takich sytuacjach wzmocnienia i naprawy konstrukcji wykonuje się w celu przywrócenia obiektowi budowlanemu pełnej sprawności pod względem jego bezpieczeństwa konstrukcyjnego oraz użytkowania.

Konieczność wykonywania wzmocnień wynika też ze zmiany w sposobie użytkowania obiektów budowlanych. Mimo że konstrukcje modernizowanych budynków nie wykazują żadnych uszkodzeń, to ich nowe funkcje często wymagają zwiększenia obciążeń użytkowych. W takich przypadkach pojawia się zwykle problem nowych, bardziej rygorystycz-

nych wymagań wynikających ze współczesnych przepisów normowych, które odnoszą się nie tylko do bezpieczeństwa konstrukcji, lecz także ich trwałości w przewidywanym okresie użytkowania.

Wyjątkowo szkodliwy wpływ na konstrukcje mają takie zdarzenia, jak pożary, uderzenia pojazdów mechanicznych czy instalowanie lub przemieszczanie ciężkich urządzeń nieprzewidziane w założeniach projektowych. One mogą być również powodem konieczności wykonania napraw i wzmocnień.

Na koniec należy również wymienić, jako powód wykonywania wzmocnień, fizyczne zużycie obiektów budowlanych w trakcie ich użytkowania. Konstrukcje żelbetowe, nawet dobrze zaprojektowane i wykonane, zwykle po 50, a czasem po 100 latach użytkowania wymagają napraw lub wzmocnień umożliwiających ich dalszą bezpieczną eksploatację.