

Spis treści

1. Wstęp	12
2. Cel i zakres	18
3. Konwencjonalne metody wzmacniania i naprawy zabytkowych konstrukcji drewnianych	20
3.1. Wprowadzenie	20
3.2. Niezależne wzmocnienie konstrukcji	21
3.3. Układ konstrukcyjny podwieszony	22
3.4. Wzmocnienie współpracujące z istniejącym układem konstrukcyjnym	22
3.4.1. Wzmocnienie belek drewnianych na całej długości	23
3.4.2. Wzmocnienie belek drewnianych w obrębie uszkodzonego fragmentu	26
3.4.3. Wykonanie płyty żelbetowej na belkach drewnianych	34
3.4.4. Wzmocnienie belek drewnianych ciągłami	37
3.5. Połączenia inżynierskie przydatne w naprawie, konserwacji i wzmacnianiu zabytkowych konstrukcji drewnianych	39
3.5.1. Złącza na pierścienie zębate	40
3.5.2. Złącza na śruby	48
3.5.3. Złącza na gwoździe	57
3.5.4. Złącza w systemie Helifix	65
4. Analiza wyników badań i studiów teoretycznych pracy połączeń klejowych drewna	67
4.1. Wprowadzenie	67
4.2. Połączenia klejowe „pręt – drewno”	67
4.3. Połączenia klejowe w sprężanych belkach drewnianych z użyciem taśm CFRP	84
5. Próba klasyfikacji połączeń i metod wzmacniania oraz technik szacowania nośności	90
5.1. Wzmacnianie za pomocą nakładek bocznych	90
5.2. Wzmacnianie za pomocą nakładek górnych lub dolnych	93
5.3. Wzmacnianie za pomocą wklejonych prętów stalowych	98

5.4. Wzmacnianie za pomocą klejonych blach stalowych	104
5.5. Uzupelnienia przekroju belek drewnianych poprzez wklejenia lokalne	106
5.6. Uwagi	107
6. Modelowe badania drewnianych belek zginanych, rehabilitowanych i wzmacnianych przy użyciu połączeń klejowych oraz prętów i blach stalowych, prętów GR, wkładek drewnianych oraz taśm węglowych (CFRP)	108
6.1. Cel i zakres badań	108
6.2. Elastooptyczne badania wybranych połączeń klejowych zrealizowanych w modelach belek zginanych	108
6.2.1. Podstawowe zależności metody elastooptycznej	108
6.2.2. Opis modeli oraz stanowiska badawczego	110
6.2.3. Wyniki badań elastooptycznych	111
6.2.4. Wnioski	115
6.3. Badania modeli zginanych belek drewnianych (skala techniczna)	115
6.3.1. Cel i zakres badań	115
6.3.2. Opis modeli badawczych	116
6.3.3. Wyniki badań	126
6.3.4. Wnioski z badań własnych oraz badań innych autorów	138
6.4. Badania połączeń klejowych obciążonych długotrwanie	149
6.4.1. Cel i zakres badań. Opis modeli badawczych	149
6.4.2. Przebieg badań. Mierzone wielkości	150
6.4.3. Wyniki badań	151
6.4.4. Wnioski	153
6.5. Podsumowanie. Wnioski ogólne	154
7. Badania bezpośrednich połączeń klejowych drewna	156
7.1. Badania połączeń typu: „drewno – blacha stalowa”, „drewno – pręt stalowy”, „drewno – pręt GR”, „drewno – drewno”	156
7.1.1. Cel i zakres badań. Opis modeli badawczych	156
7.1.2. Badania wytrzymałości na ścinanie wzdłuż włókien połączeń „drewno – blacha stalowa” – próba rozciągania	156
7.1.3. Badania wytrzymałości na wrywanie prętów klejanych wzdłuż włókien	159
7.1.4. Badania szczegółowe połączeń „pręt – drewno” – rozkłady naprężeń	164
7.1.5. Badania wpływu wilgotności drewna na wytrzymałość połączeń klejowych „drewno – blacha stalowa”	191
7.1.6. Badania wytrzymałości połączeń „drewno stare – drewno nowe” na ścinanie wzdłuż i w poprzek włókien	197
7.1.7. Badania własności zastosowanych kompozycji epoksydowych	198
7.1.8. Analiza wyników badań połączeń klejowych: „drewno – blacha”, „drewno – pręt”, „drewno – drewno”. Wnioski	203
7.2. Badania połączeń „drewno – blacha stalowa” – próba ścinania – rozciąganie przy zginaniu	205
7.2.1. Cel i zakres badań. Opis modeli badawczych	205

7.2.2. Wyniki badań	207
7.2.3. Wnioski	215
7.3. Badania modeli zginanych belek drewnianych z wymienionymi strefami przypodporowymi przy zastosowaniu połączeń klejowych, prętów i blach stalowych oraz prętów GR	218
7.3.1. Cel i zakres badań. Opis modeli badawczych	218
7.3.2. Wyniki badań	221
7.3.3. Analiza wyników. Wnioski	231
8. Modele pracy statycznej połączenia klejowego „pręt – drewno”	233
8.1. Wprowadzenie	233
8.2. Model analityczny zakotwienia pręta w drewnie bazujący na ścieżkach równowagi statycznej spoiny klejowej	238
8.2.1. Sformułowanie problemu. Przyjęte założenia	238
8.2.2. Analiza połączenia dla modelu liniowo-sprężysto-kruchego pracy spoiny	241
8.2.3. Analiza połączenia dla modelu „nieliniowego” pracy spoiny	242
8.2.4. Nośność połączenia klejowego oraz długość zakotwienia	244
8.2.5. Uwagi dodatkowe	246
8.3. Model uproszczony wychodzący z zależności przestrzennych	246
8.3.1. Rozkłady naprężeń na długości połączenia klejowego	246
8.3.2. Określenie nośności połączenia klejowego „pręt – drewno” i oczekiwanego modelu zniszczenia	253
8.3.3. Minimalna długość zakotwienia	254
8.4. Wpływ żebrowania prętów	254
8.5. Weryfikacja zaproponowanych modeli teoretycznych	257
8.6. Wnioski	264
9. Wnioski ogólne	266
10. Diagnostyka stanu technicznego zabytkowych konstrukcji drewnianych	270
11. Wybrane przykłady praktyki konserwatorskiej	276
12. Podsumowanie	324
Literatura	329