

## SPIS TREŚCI

<b>PRZEDMOWA</b> .....	15
<b>WAŻNIEJSZE OKREŚLENIA STOSOWANE W PRACY</b> .....	17
<b>1. WPROWADZENIE</b> .....	25
<b>2. SZKŁO JAKO MATERIAŁ KONSTRUKCYJNY</b> .....	35
2.1. Wstęp .....	35
2.2. Historia stosowania szkła w budownictwie .....	35
2.3. Produkcja szkła .....	38
2.3.1. Przegląd współczesnych technologii produkcji szkła .....	38
2.3.2. Produkcja szkła płaskiego .....	39
2.3.3. Skala produkcji szkła w Europie i Polsce .....	43
2.4. Właściwości szkła .....	45
2.4.1. Skład i własności chemiczne .....	45
2.4.2. Właściwości fizyczne .....	47
2.4.3. Wytrzymałość szkła .....	49
2.5. Przetwórstwo szkła i wyroby szklane .....	54
2.5.1. Procesy technologiczne .....	54
2.5.2. Rozkrój, obróbka krawędzi i wycinanie otworów w szkle .....	54
2.5.3. Wzmacnianie i modyfikacja powierzchni szkła .....	57
2.5.4. Szkło warstwowe .....	71
2.5.5. Szkło gięte .....	75
2.5.6. Szyby zespolone .....	80
2.5.7. Szkło ognioochronne .....	82
2.6. Podsumowanie .....	84
<b>3. PODSTAWY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI SZKLANYCH</b> .....	86
3.1. Wstęp .....	86
3.2. Ogólne zasady projektowania .....	87
3.2.1. Hierarchiczność .....	88
3.2.2. Odporność awaryjna, redundancja i nośność awaryjna .....	90
3.2.3. Trwałość i projektowy okres użytkowania .....	90
3.3. Historia i ewolucja europejskich norm do projektowania konstrukcji szklanych .....	92
3.4. Projekt Eurokodu 10 .....	98
3.4.1. Struktura i zakres dokumentów .....	98
3.4.2. Stany graniczne .....	104

3.5. Charakterystyka oddziaływań na konstrukcje szklane .....	115
3.5.1. Specyfika konstrukcji szklanych .....	115
3.5.2. Oddziaływanie parciem tłumy .....	116
3.5.3. Oddziaływania termiczne .....	117
3.5.4. Oddziaływania klimatyczne w szybach zespolonych .....	120
3.5.5. Obciążenia dynamiczne spowodowane przez uderzenie człowieka.....	124
3.6. Grubość efektywna szkła warstwowego .....	125
3.7. Podsumowanie .....	128
<b>4. TRWAŁOŚĆ KONSTRUKCJI SZKLANYCH .....</b>	<b>131</b>
4.1. Wstęp .....	131
4.2. Podstawowe zasady zapewnienia trwałości ujęte w normatywach.....	132
4.3. Czynniki środowiskowe i operacyjne wpływające na trwałość .....	133
4.3.1. Miary trwałości konstrukcji szklanych.....	135
4.3.2. Naturalna erozja i mechaniczne zarysowania powierzchni tafli ...	136
4.3.3. Korozja chemiczna i zanieczyszczenia atmosferyczne .....	139
4.3.4. Korozja hydrolityczna .....	140
4.3.5. Korozja naprężeniowa .....	143
4.3.6. Wpływ temperatury na trwałość szkła .....	145
4.4. Eksperymentalne badania trwałości szkła .....	145
4.4.1. Naturalna ekspozycja.....	146
4.4.2. Sztuczne starzenie.....	149
4.5. Nieniszczące metody badania wytrzymałości szkła.....	151
4.5.1. Metoda optyczna.....	152
4.5.2. Metoda ultradźwiękowa .....	153
4.6. Metody doraźnego wzmocnienia (naprawy) szkła .....	154
4.7. Trwałość szkła warstwowego.....	157
4.7.1. Kluczowe aspekty wpływające na trwałość szkła warstwowego ....	157
4.7.2. Efekty obniżonej trwałości i metody jej zapobiegania.....	158
4.8. Trwałość szyb zespolonych.....	161
4.8.1. Główne czynniki degradacji szyb zespolonych.....	161
4.8.2. Skutki degradacji szyb zespolonych i sposoby ich minimalizacji.....	162
4.9. Podsumowanie .....	163
<b>5. BEZPIECZEŃSTWO KONSTRUKCJI SZKLANYCH.....</b>	<b>165</b>
5.1. Wstęp .....	165
5.2. Analiza ryzyka.....	165
5.3. Konceptje bezpieczeństwa konstrukcji szklanych.....	168
5.3.1. Odporność awaryjna.....	169
5.3.2. Redundancja .....	172
5.3.3. Nośność awaryjna.....	182
5.4. Podsumowanie.....	190

<b>6. AUTORSKIE STRATEGIE W PROJEKTOWANIU I BADANIACH KONSTRUKCJI SZKLANYCH .....</b>	<b>192</b>
6.1. Wstęp .....	192
6.2. Strategie rozwiązywania problemów inżynierskich w kontekście konstrukcji szklanych .....	193
6.2.1. Badania materiałowe .....	194
6.2.2. Badania modelowe w małej skali .....	197
6.2.3. Badania w skali rzeczywistej.....	199
6.2.4. Analizy numeryczne .....	205
6.3. Uwagi ogólne do metodyki opracowywania i weryfikacji modeli numerycznych konstrukcji szklanych.....	207
6.4. Odporność awaryjna w badaniach własnych.....	217
6.4.1. Nośność szczątkowa barier szklanych poddanych uderzeniu ciała miękkiego .....	218
6.4.2. Wpływ rodzaju szkła na sztywność szczątkową szkła warstwowego .....	222
6.4.3. Nośność szczątkowa szkła warstwowego badana na próbkach normowych.....	225
6.4.4. Nośność szczątkowa hybrydowych belek drewniano-szklanych .....	229
6.4.5. Zwiększenie nośności szczątkowej przez lokalne wzmocnienie szkła warstwowego .....	233
6.4.6. Metoda ultradźwiękowa do szacowania wytrzymałości szkła .....	239
6.5. Propozycja klasyfikacji elementów szklanych do klas konsekwencji zniszczenia.....	241
6.6. Propozycja klasyfikacji elementów do scenariuszy stanów granicznych.....	245
6.7. Uwagi dotyczące minimalnego czasu nośności awaryjnej .....	249
6.8. Uwagi dotyczące awaryjnego zabezpieczania elementów .....	252
6.9. Proponowane elementy analizy ryzyka w kontekście konstrukcji szklanych .....	254
6.10. Podsumowanie .....	258
<b>7. PRZYCZYNY I PODSTAWOWE MECHANIZMY PĘKANIA SZKŁA.....</b>	<b>261</b>
7.1. Wstęp .....	261
7.2. Przyczyny awarii szkła budowlanego .....	262
7.3. Techniki interpretacji awarii szkła budowlanego.....	268
7.3.1. Rozwój dziedziny i technik fraktograficznych.....	268
7.3.2. Procedura postępowania w przypadku spękania szkła.....	269
7.3.3. Jakościowa i ilościowa ocena spękanej tafli .....	270

7.4. Podstawowe formy pęknięć szkła oraz sposoby ich minimalizacji .....	279
7.4.1. Pęknięcia spowodowane naprężeniami mechanicznymi.....	279
7.4.2. Pęknięcia spowodowane naprężeniami termicznymi.....	286
7.5. Podsumowanie .....	292
<b>8. PODSUMOWANIE I PERSPEKTYWY ROZWOJU KONSTRUKCJI SZKLANYCH.....</b>	<b>294</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>299</b>
<b>Streszczenie.....</b>	<b>345</b>