

Przedmowa .....	6
1. WSTĘP .....	7
1.1. Przykłady sprężysto-plastycznej reakcji kratownicy w warunkach quasi-statycznego obciążenia .....	7
1.2. Zakres opracowania .....	11
2. SPRĘŻYSTO-PLASTYCZNE ZGINANIE BELEK .....	13
2.1. Założenia i podstawowe zależności .....	13
2.2. Przekroje poprzeczne o jednej osi symetrii .....	15
2.2.1. Stan czysto sprężysty .....	16
2.2.2. Przekrój jednostronnie uplastyczniony .....	17
2.2.3. Przekrój dwustronnie sprężysto-plastyczny .....	18
2.2.4. Stan czysto plastyczny .....	19
2.3. Przekroje poprzeczne o dwóch osiach symetrii .....	25
2.4. Kształt uplastycznionej strefy w belce .....	29
2.5. Równanie osi odkształconej belki .....	36
Zadania .....	40
3. TEORIA NOŚNOŚCI GRANICZNEJ .....	43
3.1. Teoria plastycznego płynięcia .....	43
3.1.1. Materiał idealnie plastyczny .....	43
3.1.1.1. Wprowadzenie .....	43
3.1.1.2. Warunki plastyczności .....	44
3.1.1.3. Równania fizyczne .....	48
3.1.2. Materiał ze wzmocnieniem .....	54
3.1.2.1. Wprowadzenie .....	54
3.1.2.2. Postulat Druckera .....	55
3.1.2.3. Wzmocnienie izotropowe .....	57
3.1.2.4. Wzmocnienie kinematyczne .....	59
3.1.2.5. Wzmocnienie anizotropowe .....	62
3.1.3. Powierzchnia plastyczności z punktami osobliwymi .....	62
3.2. Podstawowe równania teorii nośności granicznej .....	64
3.2.1. Wprowadzenie .....	64
3.2.2. Podstawowy układ równań .....	65
3.2.3. Jednoznaczność rozwiązania układu równań .....	67
3.3. Twierdzenia ekstremalne teorii nośności granicznej .....	69
3.3.1. Wprowadzenie .....	69
3.3.2. Twierdzenie statyczne .....	69
3.3.3. Twierdzenie kinematyczne .....	71

3.3.4. Obciążenia proporcjonalne i nieproporcjonalne	72
3.3.5. Wnioski wynikające z twierdzeń ekstremalnych	74
3.4. Zmienne uogólnione	76
3.5. Przeguby plastyczne	79
4. ZGINANIE UKŁADÓW PRĘTOWYCH	82
4.1. Wprowadzenie	82
4.2. Belki	86
4.2.1. Obciążenia proporcjonalne	86
4.2.2. Obciążenia nieproporcjonalne	93
4.3. Ramy	96
4.3.1. Metoda rozwiązań sprężystych	96
4.3.2. Metody bezpośrednie wyznaczania nośności	103
4.3.2.1. Podejście analityczne	103
4.3.2.2. Podejście półgraficzne	115
4.3.3. Metoda superpozycji mechanizmów podstawowych	119
4.3.3.1. Mechanizmy podstawowe	119
4.3.3.2. Łączenie mechanizmów	121
4.3.4. Obciążenia nieproporcjonalne	129
4.4. Zastosowanie programowania liniowego	135
4.4.1. Uwagi wstępne	135
4.4.2. Zagadnienia dualne programowania liniowego	136
4.4.3. Zastosowanie pakietu MATLAB do zagadnień PL	142
4.4.4. Dualny opis problemu nośności granicznej	143
4.4.5. Przykłady obliczania nośności granicznej	146
Zadania	152
5. ZGINANIE Z SIŁĄ PODŁUŻNĄ I POPRZECZNĄ	156
5.1. Zginanie z siłą podłużną	156
5.1.1. Krzywa graniczna. Moc dyssypacji	156
5.1.2. Przykłady krzywych granicznych	160
5.1.3. Wpływ sił osiowych na zginanie prostych konstrukcji prętowych	166
5.1.4. Nośność graniczna łuku kołowego	171
5.2. Zginanie z siłą poprzeczną	178
5.2.1. Wprowadzenie	178
5.2.2. Hipotezy dotyczące rozkładu naprężeń	178
5.2.3. Przykłady oszacowań krzywych granicznych	182
5.2.4. Nośność graniczna belki	190
5.3. Zginanie z siłą podłużną i poprzeczną	191
5.3.1. Rozkłady naprężeń w przekroju. Moc dyssypacji	191
5.3.2. Przykłady oszacowań powierzchni granicznych	193
5.3.3. Wpływ siły poprzecznej na zginanie łuku kołowego	198
5.4. Projektowanie połączeń	206
5.4.1. Wprowadzenie	206
5.4.2. Połączenia narożne belki i słupa	206
5.4.2.1. Proste połączenie narożne	206
5.4.2.2. Połączenie narożne ze skosami	210
5.4.3. Połączenia środkowe belek i słupów	213
5.4.3.1. Słup bez wzmocnienia	213
5.4.3.2. Słup ze wzmocnieniem	215
5.4.3.3. Wyznaczenie grubości płyt w połączeniu śrubowym	218
Zadania	221

6. SPRĘŻYSTO-PLASTYCZNE SKRĘCANIE PRĘTÓW	222
6.1. Wprowadzenie	222
6.2. Równania podstawowe	223
6.2.1. Równania geometryczne	223
6.2.2. Równania równowagi	224
6.3. Skręcanie sprężyste	226
6.3.1. Rozwiązania analityczne	227
6.3.2. Analogia membranowa	228
6.3.3. Pręt o przekroju eliptycznym	229
6.4. Skręcanie sprężysto-plastyczne	232
6.4.1. Rozwiązania analityczne	232
6.4.2. Analogia membranowa	235
6.4.3. Pręt o przekroju kołowym	235
6.5. Skręcanie plastyczne	238
6.5.1. Rozwiązanie analityczne	238
6.5.2. Analogia wzgórza piaskowego	238
6.5.3. Wyznaczenie deplanacji pręta skręcanego o przekroju prostokątnym	243
Zadania	245
7. ZGINANIE Z SIŁĄ PODŁUŻNĄ, POPRZECZNĄ I SKRĘCANIEM	247
7.1. Wprowadzenie	247
7.2. Ogólne oszacowania powierzchni granicznych	248
7.2.1. Oszacowania dolne	248
7.2.2. Oszacowania górne	251
7.3. Zginanie proste z siłą podłużną i skręcaniem	253
7.3.1. Oszacowanie dolne	253
7.3.2. Oszacowanie górne	254
7.3.3. Rozciąganie i skręcanie pręta o przekroju kołowym	255
7.4. Zginanie ukośne, rozciąganie i skręcanie	257
7.4.1. Równanie Handelman-Hilla	257
7.4.2. Równanie przemieszczeniowe	260
7.4.3. Zginanie ukośne	261
7.4.3.1. Stan sprężysto-plastyczny	261
7.4.3.2. Stan pełnego uplastycznienia przekroju	264
7.4.3.3. Przykłady krzywych granicznych	265
7.4.4. Zginanie ukośne z siłą podłużną	269
7.4.5. Zginanie ukośne ze skręcaniem	270
Zadania	271
8. WYBOCZENIE SPRĘŻYSTO-PLASTYCZNE	272
8.1. Wprowadzenie	272
8.2. Teorie modułów efektywnych	273
8.3. Wzory empiryczne na naprężenia krytyczne	279
8.4. Pręty mimośrodowo ściskane z materiału sprężysto-idealnie plastycznego	282
8.5. Obliczanie na wyoboczenie według Polskiej Normy	286
8.5.1. Pręty osiowo ściskane	286
8.5.2. Pręty jednocześnie ściskane i zginane	288
Literatura	290