

Spis treści

1. Wstęp	1
2. Historia badań osuwisk we fliszu karpackim w zarysie	5
3. Właściwości geologiczne ośrodka skalnego Karpat polskich	13
3.1. Litologia	13
3.2. Tektonika	15
4. Charakterystyka i klasyfikacje zboczy oraz ruchów osuwiskowych	19
4.1. Ogólna charakterystyka i klasyfikacja ruchów osuwiskowych	19
4.2. Zsuwy	26
4.2.1. Zsuw rotacyjny	29
4.2.2. Zsuw translacyjny	30
4.3. Inne typy ruchów osuwiskowych	34
4.3.1. Obrywy	34
4.3.2. Spelzywanie	35
4.3.3. Spływanie (spływ), (ang. <i>mudflow debris flow</i>)	35
4.3.4. Rozsyp boczny	37
4.3.5. Soliflukcja	38
4.3.6. Pełzanie gruntu	38
4.3.7. Ruch złożony	38
4.4. Klasyfikacja osuwiskowych zboczy fliszowych z punktu widzenia struktury geologicznej	38
4.5. Klasyfikacja zboczy z punktu widzenia podatności osuwiskowej	45
4.5.1. Klasyfikacja Zboczy Fliszowych KZF	45
4.5.2. Klasyfikacja SMR dla oceny warunków stateczności zboczy	49
4.5.3. Klasyfikacja KFG	52
5. Geomechaniczne właściwości ośrodka fliszowego	55
5.1. Uwagi ogólne	55
5.2. Fizyczne i mechaniczne właściwości gruntów	56
5.3. Zależności właściwości fizycznych i mechanicznych gruntów	61
5.3.1. Parametry odkształcalności i sprężystości vs. wskaźniki fizyczne	61
5.3.2. Parametry wytrzymałości vs. wskaźniki fizyczne	62
5.4. Geomechaniczne właściwości skał	64
5.4.1. Uwagi ogólne, definicje	64
5.4.2. Właściwości sprężyste skały	66
5.4.3. Naprężenie całkowite i efektywne	69
5.4.4. Właściwości wytrzymałościowe skały	71

5.4.5. Modele naprężeniowo-odkształceniowe	75
5.4.6. Zestawienie i analiza parametrów skał i gruntów	77
5.5. Właściwości masywu fliszowego i ich wpływ na osuwiskowość	84
5.5.1. Schematyzacja struktury masywu skalnego	84
5.5.2. Geologiczno-inżynierskie i geomechaniczne właściwości fliszu	86
5.5.2.1. Odkształcalność masywu skalnego	87
5.5.2.2. Właściwości wytrzymałościowe masywu skalnego	88
5.5.2.3. Właściwości wytrzymałościowe spękań i ich wpływ na rozwój osuwisk	90
5.6. Podsumowanie	92
6. Metody analizowania stateczności zboczy	95
6.1. Metoda równowagi granicznej w układzie płaskim (2D)	95
6.1.1. Zasady i założenia metody	95
6.1.2. Wpływ wody gruntowej na stan stateczności zbocza	99
6.2. Metoda równowagi granicznej w układzie przestrzennym (3D)	103
6.2.1. Procedura rozwiązania	104
6.2.2. Wyniki obliczeń	107
6.3. Metoda analizy stateczności bryły trójwymiarowej	111
6.4. Metoda elementów oddzielnych	118
6.4.1. Masyw skalny jako ośrodek nieciągły	118
6.4.2. Podstawy i zasady Metody Elementów Oddzielnych (MEO)	119
6.4.3. Przykłady analizy stateczności zboczy	129
6.4.3.1. Zbocze osuwiskowe w Koronowie	129
6.4.3.2. Zbocze osuwiskowe w Alpach	131
6.5. Metoda różnic skończonych i program komputerowy FLAC	135
6.5.1. Analiza stateczności i procesów deformacji osuwiskowych w układzie przestrzennym (3D)	136
6.5.1.1. Zbocze „teoretyczne” – wpływ podcinania na stateczność	138
6.5.1.2. Zbocze osuwiskowe „Bystrzyca”	143
6.5.1.3. Zbocze osuwiskowe „Kawitory”	164
6.5.1.4. Podsumowanie	174
6.5.2. Analiza pełzania zbocza – model sprężysto-lepko-plastyczny	175
7. Stabilizowanie zboczy – zasady i przykłady	183
7.1. Wstęp	183
7.2. Metody i mechanizmy stabilizowania zboczy – rozważania ogólne	184
7.2.1. Uwagi wstępne	184
7.2.2. Analiza stateczności stabilizowanego zbocza	186
7.2.3. Przegląd wybranych środków stabilizowania zboczy	194
7.2.4. Kilka uwag na temat wyboru metod i technik stabilizowania	203
7.3. Stabilizowanie zboczy – przykładowe rozwiązania	205
7.3.1. Uwagi wstępne	205
7.3.2. Zbocza o dużym nachyleniu	205
7.3.2.1. Zbocze osuwiskowe na terenie zabudowanym	206
7.3.2.2. Skarpy wykopu w słabym ośrodku uwarstwionym	215
7.3.3. Ściana oporowa	229
7.4. Przykłady stabilizowania zboczy we fliszu karpackim	242
7.4.1. Zbocze osuwiskowe „Laskowa”	242

7.4.2. Zbocze osuwiskowe „Bóbrka”	253
7.4.3. Zbocze osuwiskowe „Lipie”	267
7.4.3.1. Zmiana profilu (reprofilowanie) zbocza	273
7.4.4. Osuwisko „Falkowa”	275
7.4.5. Osuwisko „Zapadle”	283
7.5. Podsumowanie	288
8. Monitorowanie zachowania się zboczy	293
8.1. Wstęp – uwagi ogólne	295
8.2. Pomiary geodezyjne	297
8.2.1. Tachimetria	298
8.2.2. Nazemne skanowanie laserowe	302
8.2.3. Niwelacja precyzyjna	303
8.2.4. GPS (ang. Global Positioning System)	304
8.3. Pomiary geotechniczne	305
8.3.1. Pomiary rozwarcia szczeliny	305
8.3.2. Pomiary inklinometryczne	307
8.3.2.1. Wykonanie otworów i instalacja kolumn inklinometrycznych	308
8.3.2.2. Procedura i rola pomiarów	311
8.3.3. Ekstensometryczne pomiary odległości pomiędzy punktami	316
8.3.4. Pomiar TDR (ang. time domain reflectometry)	319
8.3.5. Pomiar nachylenia powierzchni (pochyłomierz)	322
8.3.6. Pomiar warunków wodnych w zboczu – piezometry	323
8.3.7. Stacja meteorologiczna	327
8.4. Organizacja monitorowania na zboczach naturalnych i poddanych inżynierskim działaniom stabilizacyjnym	328
8.5. Monitoring jako integralny element stabilizowania zbocza	333
8.6. Kilka zaleceń dla administracji terenowej	337
8.7. Pomiary inklinometryczne – podstawa oceny mechanizmów osuwiskowych	338
8.7.1. Uwagi wstępne	338
8.7.2. Głębokość powierzchni poślizgu	339
8.7.3. Struktura i miąższość powierzchni (strefy) poślizgu	343
8.7.4. Mechanizm zsuwu	346
8.7.5. Prędkość zsuwu i jej związek z warunkami zewnętrznymi	348
8.7.6. Kierunek zsuwu	349
8.7.7. Sygnalizowanie inicjacji ruchu osuwiskowego	350
8.7.8. Podsumowanie	351
8.8. Przykłady zintegrowanego monitoringu zachowania się zboczy osuwiskowych	352
8.8.1. Uwagi wstępne	352
8.8.2. Zbocze osuwiskowe „Kawiori”	353
8.8.2.1. Pomiary opadów atmosferycznych	354
8.8.2.2. Piezometryczne pomiary poziomowi zwierciadła wody podziemnej (ZWP)	355
8.8.2.3. Inklinometryczne pomiary przemieszczenia	358
8.8.2.4. Zależność przemieszczenia i położenia zwierciadła wody podziemnej	361

8.8.3. Zbocze osuwiskowe „Stróżówka”	363
8.8.3.1. Pomiary opadów atmosferycznych	364
8.8.3.2. Piezometryczne pomiary poziomu zwierciadła wody podziemnej (ZWP)	366
8.8.3.3. Inklinometryczne pomiary przemieszczenia	368
8.8.3.4. Zależność przemieszczenia, opadów i położenia zwierciadła wody podziemnej	370
8.8.4. Zbocze osuwiskowe „Tucholska”	372
8.8.4.1. Pomiary opadów atmosferycznych i temperatury powietrza	373
8.8.4.2. Piezometryczne pomiary poziomu zwierciadła wody podziemnej (ZWP)	377
8.8.4.3. Inklinometryczne pomiary przemieszczenia	380
8.8.4.4. Zależność przemieszczenia, opadów i położenia zwierciadła wody podziemnej	381
8.9. Podsumowanie	385
9. Uwagi końcowe	389
Literatura i materiały źródłowe	391
Skorowidz rzeczowy	409
Streszczenie	419
Abstract	421
Mechanics of Landslide Processes – Modelling, Stability, Stabilisation	421