

Spis treści

Streszczenie	8
Summary	9
Spis ważniejszych oznaczeń	10
1. Wstęp	12
2. Założenia teoretyczne i realizacja procesu obciążania próbek skalnych	15
2.1. Wstęp	15
2.2. Geometryczna interpretacja stanu naprężenia w punkcie	18
2.3. Ścieżki obciążania realizowane w badaniach laboratoryjnych	22
3. Warunki techniczne doświadczeń na próbkach skał	27
4. Charakterystyka materiału badawczego	29
4.1. Cechy fizyczne piaskowca Wustenzeller	29
4.2. Cechy fizyczne dolomitu z LGOM.....	31
5. Identyfikacja cech zachowania się skał w warunkach jednoosiowego i trójosiowego ściskania	34
5.1. Wprowadzenie	34
5.2. Odształceniowe i wytrzymałościowe właściwości badanych skał w warunkach jednoosiowego i trójosiowego obciążenia.....	35
5.2.1. Właściwości odształceniowe i wytrzymałościowe piaskowca	35
5.2.1.1. Podstawowe cechy zachowania się próbek piaskowca	37
5.2.1.2. Wytrzymałość na ściskanie oraz charakter zniszczenia	39
5.2.2. Właściwości odształceniowe i wytrzymałościowe dolomitu z LGOM.....	40
5.2.2.1. Podstawowe cechy zachowania się próbek dolomitu	41
5.2.2.2. Wytrzymałość na ściskanie oraz charakter zniszczenia	43
5.3. Przyczyny nieliniowego zachowania się badanych skał w warunkach jednoosiowych i trójosiowych obciążeń.....	44

5.4.	Zmiany osiowej sztywności próbek piaskowca i dolomitu jako miara rozwoju spękań.....	48
5.5.	Wytrzymałość rezydualna (tzw. pokrytyczna).....	50
5.6.	Analiza zmian energetycznych związanych z rozwojem spękań i trwałych odkształceń w próbkach skalnych.....	52
5.6.1.	Założenia teoretyczne dotyczące zmian energetycznych w próbkach skalnych pod wpływem mechanicznych obciążeń	52
5.6.2.	Zmiany energetyczne towarzyszące obciążeniom jednoosiowym i trójosiowym piaskowca Wustenzeller	58
5.6.3.	Zmiany energetyczne towarzyszące obciążeniom jednoosiowym i trójosiowym dolomitu z LGOM	62
5.6.4.	Uwagi i wnioski dotyczące analiz energetycznych	63
5.7.	Istotne cechy zachowania się skał z uwagi na dobór modelu fizycznego	64
6.	Sprężysto-plastyczny model skał	66
6.1.	Fizyczne podstawy sprężysto-plastycznych modeli skał	66
6.1.1.	Fizyczne podstawy modeli sprężysto-plastycznych	66
6.1.2.	Fizyczne podstawy quasi-plastycznego zachowania się skał	68
6.2.	Równania konstytutywne sprężysto-plastycznych modeli fizycznych skał	73
6.2.1.	Ogólne sformułowanie związków fizycznych dla materiałów sprężysto-plastycznych.....	73
6.2.1.1.	Warunek plastyczności	74
6.2.1.2.	Prawo płynięcia.....	75
6.2.1.3.	Prawo wzmocnienia/osłabienia.....	76
6.2.1.4.	Macierz konstytutywna materiału sprężysto-plastycznego	78
6.2.2.	Procedury numeryczne plastyczności	79
6.2.3.	Sprężysto-plastyczny model konstytutywny Druckera-Pragera	82
6.2.3.1.	Warunek plastyczności	82
6.2.3.2.	Prawo płynięcia.....	83
6.2.3.3.	Prawo wzmocnienia/osłabienia plastycznego	84
6.3.	Stałe materiałowe sprężysto-plastycznego modelu fizycznego badanych skał.....	85
6.3.1.	Parametry sprężysto-plastycznego modelu wyznaczone dla piaskowca Wustenzeller	86
6.3.1.1.	Parametry warunku plastyczności.....	86
6.3.1.2.	Prawo plastycznego płynięcia	87
6.3.1.3.	Funkcja wzmocnienia/osłabienia dla piaskowca.....	89
6.3.2.	Parametry sprężysto-plastycznego modelu wyznaczone dla dolomitu z LGOM	90
6.3.2.1.	Parametry warunku plastyczności.....	91
6.3.2.2.	Prawo płynięcia plastycznego	92
6.3.2.3.	Funkcja wzmocnienia/osłabienia dla dolomitu	93
6.3.3.	Wnioski dotyczące oznaczania parametrów modelu sprężysto-plastycznego	95
6.4.	Weryfikacja modelu sprężysto-plastycznego na podstawie wyników badań laboratoryjnych.....	95
7.	Sprężysto-plastyczny model skał z uszkodzeniem	101
7.1.	Podstawy fizyczne uszkodzenia skał	101

7.2. Sposoby opisu uszkodzenia	105
7.2.1. Modele mikromechaniczne	105
7.2.2. Fenomenologiczne modele kontynualnej mechaniki uszkodzeń (CDM).....	105
7.2.3. Termodynamiczne modele mechaniczne uszkodzenia.....	106
7.3. Założenia sprężysto-plastycznego modelu z uszkodzeniem na bazie kontynualnej mechaniki uszkodzeń	107
7.3.1. Ogólne założenia i koncepcja modelu.....	107
7.3.2. Zmienna uszkodzenia.....	110
7.3.2.1. Skalarna zmienna uszkodzenia	110
7.3.2.2. Tensorowy opis uszkodzenia	123
7.3.3. Kryterium inicjacji uszkodzenia.....	126
7.3.4. Opis ewolucji uszkodzenia.....	127
7.3.5. Kryterium zniszczenia na skutek uszkodzenia	128
7.3.6. Podsumowanie i wnioski.....	129
7.4. Identyfikacja parametrów modelu sprężysto-plastycznego z uszkodzeniem dla analizowanych skał	129
7.4.1. Parametry modelu uzyskane dla piaskowca Wustenzeller	130
7.4.1.1. Skalarna zmienna uszkodzenia	130
7.4.1.2. Ewolucja uszkodzenia.....	131
7.4.2. Parametry modelu uzyskane dla dolomitu z LGOM	132
7.4.2.1. Skalarna zmienna uszkodzenia	132
7.4.2.2. Ewolucja uszkodzenia.....	133
7.5. Weryfikacja sprężysto-plastycznego modelu z uszkodzeniem na podstawie wyników badań laboratoryjnych próbek skał	134
8. Podsumowanie i wnioski.....	138
Literatura.....	141