

# 岩盤斜面崩壊の ハザード抽出と影響評価

## 目 次

### 1 本書の背景と課題の整理

1.1 本書の背景と位置づけ	1
1.2 岩盤斜面崩壊ハザード評価の現状と本書の役割	2
1.2.1 岩盤斜面崩壊ハザードの検討課題	2
1.2.2 本書の役割と課題	3

### 2 岩盤斜面崩壊の特徴

2.1 岩盤斜面崩壊の規模と発生頻度	5
2.1.1 日本における代表的な岩盤斜面崩壊の分布	5
1) 日本列島の地質構造的な位置と岩盤斜面崩壊の発生	5
2) 岩盤斜面崩壊多発地域の地質特性	5
2.1.2 岩盤斜面崩壊に関連する地形発達と風化変質	5
1) 岩盤斜面崩壊多発地域の第四紀の隆起量と浸食速度	5
2) 第四紀更新世後半の海水準変動と浸食前線の形成	8
3) 斜面における風化、変質の進行	8
4) 岩盤クリープの進行	9
2.1.3 岩盤斜面崩壊の規模の想定	10
1) 日本における代表的な岩盤斜面崩壊の規模	10
2) 崩壊形態と規模	11
3) 急崖地形からの規模の想定	11
4) 不連続面と崩壊規模	11
5) 岩盤斜面崩壊の規模と地形・地質の関係—北海道の日本海沿岸の例	13
2.1.4 岩盤斜面崩壊の頻度の想定	17
1) 崩壊発生密度を発生頻度に読み替えた推定：北海道日本海側での 岩盤斜面崩壊の発生頻度の検討例	17
2) 平均的な浸食速度からの想定	19
3) 崩壊発生事例からの想定	21
4) 岩盤斜面崩壊発生頻度の経時変化	23
2.2 崩壊の履歴分析からみた岩盤斜面崩壊の特徴	23
2.2.1 岩盤斜面崩壊の崩壊履歴分析	24
2.2.2 崩壊履歴分析から得られる情報	26
1) 地質構造からみた崩壊の背景（素因）の調査例	26

2) 崩壊履歴から読み取れる素因と誘因	28
2.2.3 崩壊履歴の三次元表示	32
2.2.4 崩壊履歴の収集・蓄積・利用	35

### 3 岩盤斜面崩壊の調査と計測

3.1 岩盤崩壊調査の目的と手順	39
3.1.1 岩盤崩壊のハザード調査の対象となる斜面	39
3.1.2 ハザード調査の目的と手順	39
1) 崩壊危険箇所の検出	39
2) 検出された危険箇所の調査	40
3.1.3 計測と監視について	41
3.2 岩盤崩壊抽出のための地形調査	43
3.2.1 岩盤崩壊が発生しやすい地形	43
3.2.2 崩壊予備地形抽出の着目点	44
1) 崩壊の前兆現象	44
2) 崩壊跡地形の調査	45
3.2.3 微地形調査の事例と支援技術の活用	46
1) 急崖をなす岩盤斜面の数値地形解析	47
2) 植生に覆われた山頂部に点在する露頭の捕捉	47
3) 大規模岩盤すべりの前兆地形の検出	49
3.3 不連続面の調査	50
3.3.1 不連続面の規模と計測項目	50
1) 不連続面の規模と調査の考え方	50
2) 不連続面の計測項目	51
3.3.2 不連続面の現地調査	52
1) 流れ盤と受け盤	52
2) 前兆現象に関わる不連続面	53
3) 不連続面調査結果の記載	55
3.4 ハザード評価に必要な物性の調査	56
3.4.1 崩壊岩塊と不連続面の物性	56
1) 岩石の物性	56
2) 劣化しやすい岩盤の物性	56
3) 不連続面の物性	57
3.4.2 落下経路の物性の考え方	58
1) 衝突エネルギーの損失係数の特性	58
2) 地形と岩塊の幾何形状	60
3.5 岩盤崩壊モデルの作成と落下経路の調査	60
3.5.1 崩壊要因の考え方	60
3.5.2 崩壊予測モデルの作成と落下経路の調査	61

1) 崩壊モデル作成の留意点	61
2) 落下経路のモデル作成時の留意点	63
<b>3.6 斜面で生じている変化を捉える調査</b>	64
1) 斜面の変化を捉える調査（背景差分法）	65
2) 崩壊箇所の体積を求める調査	66
<b>3.7 岩盤崩壊の計測計画と位置付け</b>	67
3.7.1 岩盤が崩壊するまでの挙動のイメージ	67
3.7.2 計測の対象となる斜面	68
3.7.3 計測計画（計測計画，精度，頻度）	68
1) 計測機器の配置	69
2) 計測期間	69
3) 計測間隔	69
3.7.4 データ伝送の方法	70
3.7.5 計測データの解釈と変動の判定	70
<b>3.8 計測方法の種類</b>	71
3.8.1 計測方法の種類	71
3.8.2 接触型センサーによる計測	71
1) 変位，傾斜の計測	71
2) 振動・電位差などによる計測	75
3.8.3 非接触型の計測	77
<b>3.9 岩盤崩壊発生時の計測事例</b>	79
3.9.1 自然斜面の崩壊事例（天鳥橋の計測例）	79
3.9.2 施工中の崩壊前兆を補促した事例	80
1) 千代志別地区（発破による危険岩塊の除去工事）	80
2) 来岸地区（静的破碎剤による危険岩塊の除去工事）	81
3) 層雲峡，四の岩地区（画像データとケーブルセンサ（落石検知システム）による崩落跡の検出）	81
3.9.3 長大のり面掘削後の残留ひずみと長期安定性の関係	82
<b>3.10 調査と計測のまとめ</b>	83

## 4 岩盤斜面の危険箇所のハザード評価

<b>4.1 岩盤崩壊および落石の発生形態とハザード評価の項目</b>	89
4.1.1 岩盤崩壊の発生形態	89
4.1.2 落石の発生形態	91
4.1.3 ハザード評価の項目	91
<b>4.2 ハザード評価の方法</b>	93
4.2.1 ハザード評価の方法	93
4.2.2 数値解析手法	94
1) 極限平衡法	95

2) 連続体解析	97
3) 不連続体解析	98
4) 質点系モデル	99
5) 粒状体モデル	99
6) モンテカルロシミュレーション (モンテカルロ法)	99
<b>4.3 ハザード評価の実施例</b>	<b>100</b>
4.3.1 落石のハザード評価における基礎検討	100
1) 切土斜面の落石実験	100
2) 衝突エネルギー減衰の速度依存性を考慮した落石シミュレーション	109
4.3.2 落石のハザード評価の事例	110
1) 山岳地交通施設の落石対策評価	110
2) 北日本の国道斜面落石調査	112
3) 三次元落石解析を用いた通行車両の遭遇確率の算定	114
4) 三次元落石シミュレーション事例	116
5) 個別要素法を用いた二次元、三次元落石シミュレーション	118
6) 岩塊の接触形態を考慮した三次元個別要素法落石シミュレーション	118
4.3.3 岩盤崩落のハザード評価の事例	120
1) 統計的手法による崩土到達範囲予測事例	120
2) 不連続変形法による北海道層雲峡地区の岩盤崩壊解析事例	121
3) 粒状体個別要素法を用いた斜面崩壊の解析事例	123
4) 不確実性を考慮した不連続変形法	124
5) 地震による大規模斜面崩壊	127

## 5 岩盤崩壊シナリオとハザード評価の方法

5.1 岩盤崩壊シナリオによるハザード評価の方法	133
5.1.1 ハザード評価へのリスク分析手法の適用	133
5.1.2 崩壊シナリオによるハザード評価	134
1) 被災可能性の想定	134
2) 発生可能性の評価	135
5.1.3 リスクマトリックスを用いたハザード評価の試み	136
5.2 二次元質点系シミュレーションによるハザード影響評価例	138
5.2.1 ハザードと保全対象	138
5.2.2 斜面の地質性状とハザード	139
5.2.3 ハザードの評価例	139
5.3 海蝕崖近傍道路におけるハザード評価のための解析例	142
5.3.1 対象地域の概要	142
5.3.2 解析シナリオとモデル	142
1) No 2 断面におけるシナリオ	143
2) No 5 断面におけるシナリオ	144

5.3.3	解析モデル	145
	1) No 2 断面シナリオ①	145
	2) No 5 断面シナリオ③	146
5.3.4	落石, 岩盤崩壊の解析結果	146
	1) No 2 断面シナリオ①解析結果	146
	2) No 5 断面シナリオ③解析結果	147
5.3.5	崩壊—被災シナリオ	148
	1) No 2 断面の崩壊—被災シナリオ	148
	2) No 5 断面の崩壊—被災シナリオ	149
5.3.6	被災可能性の検討	149

## 6 まとめと今後の課題

1)	安定度や影響度の予測法に関する課題	153
2)	計測の課題	154
3)	今後の課題	154