

8. 広島花崗岩地域における長大法面で発生した大規模崩壊の

発生原因と過程

Cause and process of the Landslides in cutting slopes of the Hiroshima Granite

○光本恵美、森本耕司、青原啓詞（株式会社ヒロコン）

1. はじめに

2010年10月19日、広島県呉市で施工中の長大法面において、高さ約60m、幅約90mに及ぶ大規模な崩壊が発生した(図1.1)。

本崩壊地において、大規模崩壊発生の原因究明と対策工の検討を目的として、①地表踏査、②ボーリング調査、③孔内傾斜計観測、④ボアホールカメラ観察を実施した。

本論では、地表踏査とボアホールカメラ観察から明らかとなった崩壊地に発達する節理群の分布状況と、崩壊直前における地表変位の特徴より推定される崩壊の発生原因と崩壊に至る過程を述べる。

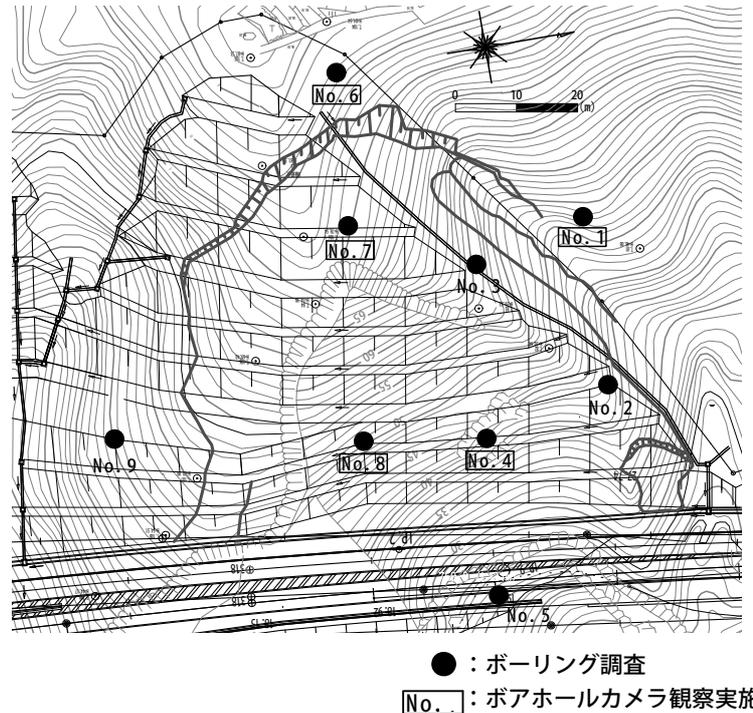


図 1.1 詳細調査位置図

2 大規模崩壊に至る経緯

大規模崩壊に至る経緯は、以下のとおり整理される。

(1) 2010年10月8日:最下段の掘削約9割完了

- ・9月27日時点の定点測量で変位はなく、目視においても異常はない状態であった。

(2) 2010年10月9日:最下段において小崩壊発生

- ・最下段の端部である No.317+40 付近において、10^{m3}程度の小崩壊が発生した。
- ・小崩壊は、節理面に沿った抜け落ちであった。
- ・小崩壊発生直前の8日~9日にかけて、連続雨量39mmの降雨があった。その後、大規模崩壊までに降雨はなかった。

(3) 2010年10月13日:小崩壊発生箇所周辺において変状発生

- ・小崩壊を中心として2段目までの範囲に、節理の開口、法面表面のひび割れ、小段コンクリートや縦排水溝のクラック等の変状が発生した。

(4) 2010年10月19日:地表変位の急増と変位範囲の拡大

- ・変位速度が最大約10mm/hに達し、変位が急増し、3~9段の小段コンクリートにクラックが生じる。
- ・同日21時頃、大規模崩壊が発生する。

3. 地形・地質概要

3.1 地形概要

本崩壊は、呉市中心部から約8km東に位置する大空山(標高190m)の黒瀬川に面する南東斜面で発生した。大空山は、東に黒瀬川、西に大谷川が位置し、両河川とも下流に位置する呉湾へと注ぎこんでいる。本崩壊地の周辺地域は、宅地造成や埋立等によって地形が改変されている。



図 3.1 大規模崩壊発生箇所周辺の地形図

3.2 地質概要

本崩壊が発生した大空山には、主に白亜紀後期の広島花崗岩類である中粒～粗粒花崗岩が分布し、局所的に細粒花崗岩が高角度の傾斜で貫入している。

本崩壊法面においても、中粒～粗粒花崗岩を主体とし、局所的に傾斜約60°の細粒花崗岩の貫入部が認められた。本崩壊法面においては、節理面に沿って粘土細脈が多く分布している。

4. 花崗岩に発達する節理群の分布状況

4.1 地表踏査

地表踏査より、本崩壊地の地表面に発達する節理群の分布状況は、以下のとおりである。

- ・ 走向がNW-SE方向またはNNW-SSE方向で、NE～NNE方向へ約25°で傾斜する低角度節理群(J1)の発達が顕著である。
- ・ 走向がNNW-SSE方向またはENE-WSW方向で、約80～90°で傾斜する高角度節理群が発達する。
- ・ 弱面となりうる粘土細脈や節理面に沿った強風化部(マサ化)が多く認められる。
- ・ 低角度の節理面(J1)に沿って、せん断した構造が認められる。

地表踏査から判明した本崩壊箇所の特徴より、崩壊の発生原因には、花崗岩に発達する節理群の分布状況が大きく影響していることが推察された。このことより、ボーリング調査と孔内傾斜計観測に加え、地山内部に発達する節理群の分布状況を把握することを目的として、ボアボールカメラによる割れ目解析を実施した。

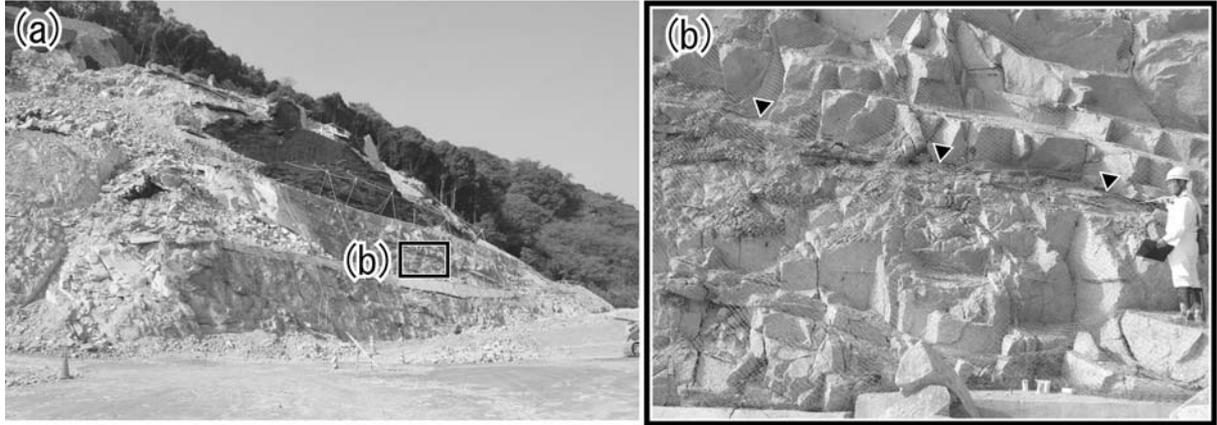


写真 4.1.1 本崩壊地の地表面に発達する節理群

(a):本崩壊地 全景 (2010. 11. 12 撮影) (b):低角度節理面(J1)に沿ったせん断構造

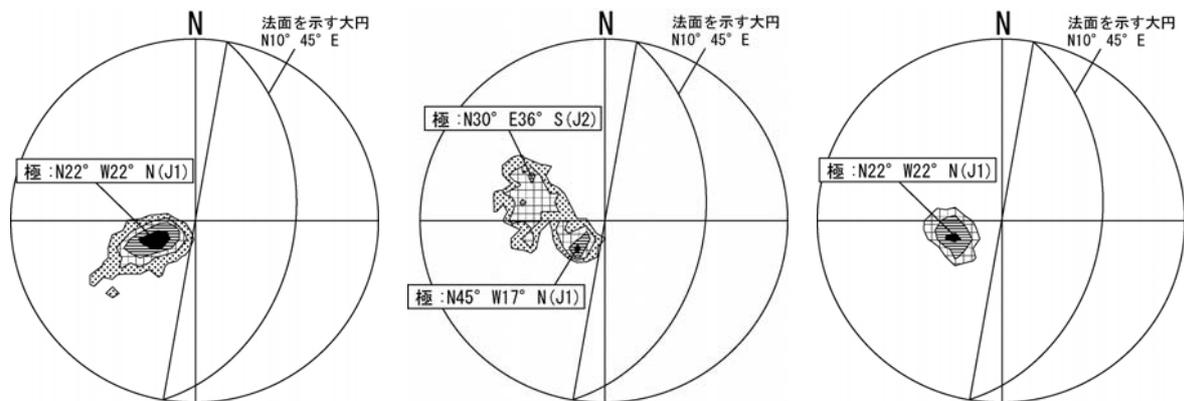
4.2 ボアホールカメラ観察

ボアホールカメラ観察は、No.1、No.4、No.6、No.7、No.8の計5孔で実施した(表 4.2.1)。その実施深度は、コア観察に基づく、採取コアの脆弱部を中心として行った。

ボアホールカメラで確認された割れ目は、ボーリングコア観察より確認された脆弱部(すべり面)からの位置から、上位、周辺、下位に区分し、割れ目の分布状況を解析した(図 4.2.1)。

表 4.2.1 ボアホールカメラ実施孔と実施深度

孔番	実施箇所	コア観察に基づく脆弱部の深度(m)	岩級区分	ボアホールカメラ観察実施深度(m)
No.1	崩壊地起点側	(7.6)	CL	7.6 ~ 19.6
No.2	崩壊地内	7.65~8.0	CL	-
No.3	崩壊地内	13.9~ 15.4	D	-
No.4	崩壊地内	12.9~13.45	D	8.5 ~ 18.5
No.5	崩壊地下部	(11.0~14.0)	D	-
No.6	崩壊地上部	(26.1)	D~CL	11.0 ~ 31.0
No.7	崩壊地内	23.5~25.35	D	9.5 ~ 29.5
No.8	崩壊地内	15.5~18.15	D	13.5 ~ 23.5
No.9	崩壊地終点側	(19.0~19.45)	D	-



(a)すべり面より上位(N=72) (b)すべり面周辺(N=40) (c)すべり面より下位(N=32)

図 4.2.1 ボアホールカメラで確認された節理群のシュミットネット投影

本崩壊地の地山内部に発達する節理群の分布状況は、以下のとおりである。

- ・ 走向が NNW-SSE 方向で、ENE 方向へ 20~30° で傾斜する低角度節理群(J1)の発達が顕著である。J1 節理群は、地表踏査においても確認された節理群と考えられる。
- ・ すべり面周辺において、J1 節理群に加え、走向が NNE-SSW 方向で、ESE 方向へ 20° で傾斜する低角度節理群(J2)が認められる。J2 節理群は、変質粘土細脈を伴う。
- ・ すべり面より上位と下位で、J1 節理群の発達が顕著である。このことは、移動体に発達する節理群へ乱れを生じることなく、崩壊したことが示唆される。
- ・ 高角度節理群は、孔壁を横切ることが少ないために、確認される数が少ないものと考えられる。

5. 節理群の分布状況と地表面の変位から推定される大規模崩壊の発生原因と過程

5.1 節理群の分布状況と崩壊直前の地表変位との関係

10月9日に小崩壊が発生し、同月14日より小崩壊地周辺で地表変位測量が実施された。大崩壊直前の地表変位は、最大5mm/日程度の変位であり、15日にはENE方向へ、翌16日にはSSE方向へ向う変位が確認され、崩壊発生前日の18日まで変位の向きがENE方向からSSE方向へ変化した。崩壊発生した19日の変位速度は、最大10mm/h程度に達し、大規模崩壊に至った(図5.1.1)。

以上のような崩壊発生直前における変位の向きの変化は、崩壊地に発達する節理群の分布状況より、低角度節理群(J1 節理群、J2 節理群)に規制されて動いたものと考えられる。15日のENE方向への変位はJ1 節理群に、16日のSSE方向への変位はJ2 節理群に規制された動きと考えられる。崩壊発生前日までの地表変位の向きの変化は、不安定化した岩塊を規制する低角度節理群が、J1 節理群からJ2 節理群へ変化したことによるものと推察される。

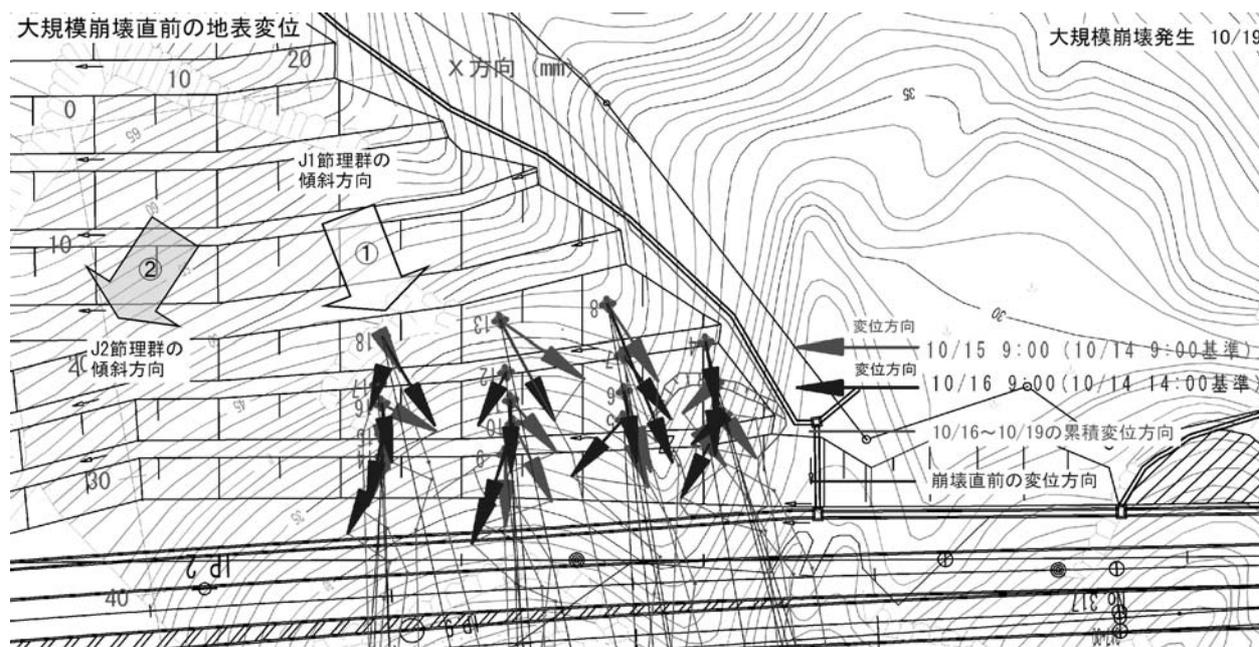


図 5.1.1 崩壊直前の地表面の変位と低角度節理群(J1、J2)の関係

5.2 まとめ:節理群の分布状況と地表面の変位から推定される大規模崩壊の発生過程

①地表踏査とボアホールカメラによる地表及び地山内に発達する節理群の分布状況、②崩壊発生直前の地表面の変位状況より、崩壊の発生した長大法面は、以下に示す過程で大規模崩壊に至ったものと考えている(図 5.2.1)。

(1)2010年10月9日:小規模崩壊の発生

崩壊が発生した長大法面には、①走向が NW-SE 方向または NNW-SSE 方向で、NE~NNE 方向へ 25° で傾斜する低角度節理群(J1 節理群)、②走向が NNE-SSW 方向で、ESE 方向へ 20° で傾斜する低角度節理群(J2 節理群)、③走向が NNW-SSE 方向または ENE-WSW 方向で、傾斜 80~90° 程度の高角度節理群、の 3 方向の節理群が発達する花崗岩が分布している状態であった。

切土施工に伴い、地山内に分布する J2 節理面を弱面として、J2 節理面より上位の岩塊が不安定化し、長大法面の下端で小規模な崩壊が発生した。

(2)2010年10月13日:小規模崩壊周辺で岩盤の緩み発生

長大法面の下端での小規模崩壊が発生したことにより、不安定化した岩塊の自重が J1 節理面をすべるように、小崩壊周辺へかかるようになる。その結果、小崩壊周辺の節理の開口やせん断といった岩盤の緩みが生じ始める。

(3)2010年10月16日~19日:岩盤の緩み範囲の拡大

小規模崩壊周辺における変位に伴い、さらに不安定化した岩塊の自重が小崩壊周辺へかかるようになり、地表変位は、大規模崩壊発生の前日(18日)までに最大 5 mm/日、当日(19日)の変位速度が最大 10 mm/h 程度までに達する。

16日以降における地表変位の向きの変化より、不安定化した岩塊を規制する低角度節理群は、J1 節理群から J2 節理群へ変化したものと推定される。

(4)2010年10月19日21時頃:大規模崩壊の発生

岩盤の緩みの拡大により法面全体が緩んだ状態となり、低角度節理群である J1 節理群と J2 節理群に規制されながら、大規模な崩壊に至ったものと考えられる。

地表踏査に基づく地表面に発達する節理群の分布状況では、J1 節理群がすべり面を規制する構造と推測されたが、大規模崩壊直前の地表面変位と J1 節理群の最大傾斜方向が一致せず、J1 節理群以外の構造が潜在する可能性が考えられた。ボアホールカメラ観察に基づく地山内部に発達する節理群の分布状況より、J1 節理群に加え、すべり面を構成する J2 節理群の存在を確認することができた。

以上のように、崩壊地の地表面に発達する節理群に加え、地山内部の構造を把握することにより、大規模崩壊の発生過程をより合理的に説明することができた。

