



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	氷点下における岩石の力学的挙動の時間依存性 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	三井, 善孝
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11906号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58776
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshitaka_Mitsui_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 三井 善孝

審査担当者 主 査 准教授 児玉 淳一
 副 査 教 授 藤井 義明
 副 査 教 授 五十嵐 敏文
 副 査 教 授 川崎 了

学位論文題名

氷点下における岩石の力学的挙動の時間依存性

(Time-dependent Mechanical Behavior of Rock at Sub-zero Temperature)

岩盤斜面の崩壊の予知や防止には、その発生メカニズムの解明が不可欠となるが、北海道のような寒冷地では、凍結融解作用による岩盤の劣化などの寒冷地特有の現象についても十分に検討する必要がある。周知のように岩盤斜面の脚部は、一定の大きさの圧縮応力状態にあるが、寒冷地における岩盤斜面では、凍結ゾーンがその表層に持続的に形成されることがある。したがって、このような岩盤斜面の長期安定性の評価には、凍結融解作用による岩盤の劣化に加え、氷点下における岩盤のクリープ特性などの力学的性質の時間依存性の把握も重要となる。本研究は、寒冷地における岩盤斜面の長期安定性評価の基礎的研究として、氷点下において岩石が示す変形・破壊挙動の時間依存性を実験的に解明し、また、凍結した岩石の破壊プロセスについて考察するために実施されたものである。

まず、岩盤斜面の表層が曝される一次元的な冷却条件と、実施が簡易な三次元的な冷却条件で冷却した支笏溶結凝灰岩と美唄砂岩の供試体を用いて、これらの冷却条件が一軸圧縮応力下における岩石の強度・変形特性に与える影響について検討している。そして、両岩石ともに、これら2つの冷却条件の間で応力-ひずみ挙動や一軸圧縮強度などの物性値に大きな差異がないことを明らかにし、氷点下における岩石の力学的性質の検討には三次元的に冷却した供試体を用いても差しつかえないという有用な知見を得ている。

次に、支笏溶結凝灰岩と美唄砂岩を対象に-20℃の下で一軸圧縮クリープ試験と一軸圧縮定ひずみ速度試験を実施し、一定の応力の下での時間に依存した変形・破壊挙動や岩石の力学的性質に与える載荷速度の影響について検討するとともに、間隙氷がこれらの挙動に与える影響について分析している。そして、両岩石ともに、乾燥させた状態で冷却した供試体(乾燥供試体)と含水飽和させた状態で冷却した供試体(含水飽和供試体)の間には、変形・破壊挙動とその時間依存性に明確な違いがあることを見出している。すなわち、乾燥供試体に比べて含水飽和供試体では、クリープ寿命が短くなること、クリープひずみや限界ひずみなどの変形量が大きくなること、一軸圧縮強度の載荷速度依存性は大きくなることなどを明らかにするとともに、含水飽和供試体の変形挙動には、多結晶氷の変形挙動と類似点があることを見出し、氷点下における岩石の変形・破壊挙動の時間依存性は間隙氷の有無に左右されることを指摘している。さらに、乾燥供試体と含水飽和供試体の一軸圧縮強度の比較から、岩石の種類により間隙氷の影響が異なるという重要な知見を得ている。すなわち、支笏溶結凝灰岩では、含水飽和供試体の方が一軸圧縮強度は大きいものに対して、美唄砂岩では、いずれ

の載荷速度においても含水飽和供試体の方が一軸圧縮強度は小さいことを明らかにし、支笏溶結凝灰岩では間隙氷のインクルージョン効果が支配的であるのに対し、美唄砂岩では圧力融解により生じた間隙水の応力腐食により変形・破壊挙動が支配される可能性を指摘し、両岩石の間で破壊のメカニズムが異なることを見出している。

続いて、氷点下における一軸圧縮クリープ試験と一軸圧縮定ひずみ速度試験の結果から、クリープ寿命のクリープ応力依存性と一軸圧縮強度の載荷速度依存性の間には密接な関係があることを明らかにし、両試験における破壊のメカニズムが類似していることや、一方の関係からもう一方の関係を推定できることを指摘するなど、氷点下における岩石の力学的性質の時間依存性を統一的に解釈することに成功している。

最後に、空隙と間隙氷の力学的効果を岩石内の強度の不均一性としてモデル化したうえ、岩石を非線形粘弾性体と仮定した数値解析により、一軸圧縮定ひずみ速度試験における支笏溶結凝灰岩の破壊プロセスについて考察している。そして、含水飽和供試体では、岩石部分の破壊が十分に集積して不連続面が形成された後に間隙氷の破壊が進行するため、乾燥供試体に比べて一軸圧縮強度は大きくなり、応力-ひずみ線図の非線形性が強くなるとともに、その力学的挙動は間隙氷の力学的挙動に支配され、強い載荷速度依存性が見られると解釈できることなど、氷点下における岩石の破壊プロセスを新たに提案している。

これを要するに、著者は氷点下における岩石の力学的性質の時間依存性を初めて解明するとともに、氷点下における岩石の破壊プロセスを新たに提案しており、岩盤工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。