

Ⅲ－25

ネパール Imja 氷河湖モレーンダムの安定性に関する 2, 3 の検討

日本大学工学部 正○梅村 順
弘前大学農業生命科学部 桧垣 大助
Tribhuvan Univ., NEPAL Dangol, V.

1. はじめに 近年ヒマラヤ地域では、地球温暖化が原因と言われる氷河末端部の融解に伴って、モレーン(氷河堆積物)堰止め氷河湖が数多く発達している。これら氷河湖を堰止めるモレーン丘はしばしば決壊して下流域に洪水(Glacial Lake Outburst Flood、以下、略してGLOFと呼ぶ)をもたらし、高山地域の水資源開発に頼らなければならないこの地域の国々にとって、看過できない驚異となっている。本文では、決壊の危険性が高い¹⁾と言われる氷河湖の一つであるImja氷河湖で、決壊危険度評価の基礎となる堰止めモレーン丘の安定性検討のため、特に化石氷体と凍土の把握に関するいくつかの現地調査・検討を行ったので、それらの結果について述べる。

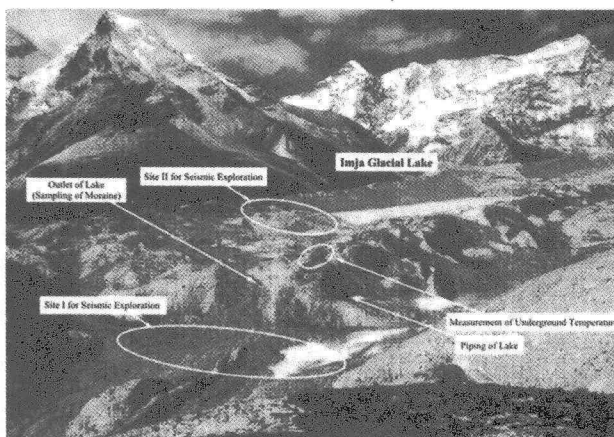
2. Imja氷河湖と調査の概要 ネパールのモレーン堰止め氷河湖は東部高山地域(図－1)に特徴的に発達していて、危険性が指摘されている氷河湖の多くはこの地域に分布している。写真－1に示すImja氷河湖は、その中で特に危険性が高いと言われている四氷河湖の一つである。この氷河湖は、図－2に示すソル・クンプ郡のローツェ峰の南麓、Lohtse Shar、ImjaおよびAmphu三氷河の合流点に発達している。写真－1のように、氷河湖はサイドモレーン丘とエンドモレーン丘に囲まれて発達しており、地形的な特徴として、エンドモレーン背後に表面をモレーンに覆われた化石氷床がある²⁾。湖の誕生は1950年代と言われ³⁾、著者の一人も参加した2002年調査⁴⁾での、その諸元は、表－1の通りである。表には参考として、1992年にYamadaが行った観測結果³⁾も併せて示した。

表－1 Imja 氷河湖の諸元

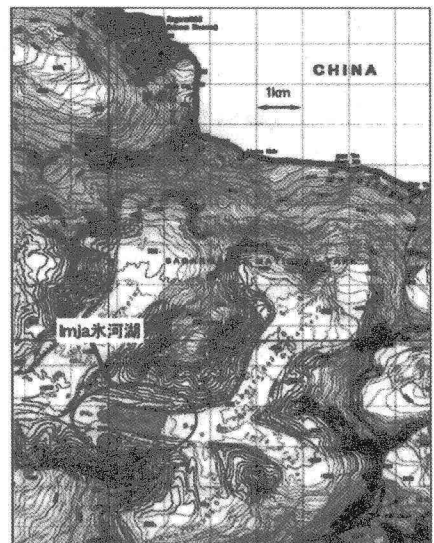
	Mar., 1992	Mar., 2002
Length (km)	1.3	1.9
Width (km)	0.5	0.6
Area (km ²)	0.6	0.86
Ave. Depth (m)	47	41.6
Max. Depth(m)	99	90
Volume (×10 ⁶ m ³)	28.2	36.0
Reference	Yamada ³⁾	Sakai et al. ⁴⁾



図－1 調査地位置図



写真－1 Imja 氷河湖全景と調査地点位置図



図－2 Imja 氷河湖および周辺地形図

現地調査は、写真-1に示す各地点で、1) 湖の基盤となる岩盤の深さ(Site I)、および、化石氷床を覆うモレーンの厚さとその性質(Site II) それぞれを知るための弾性波探査、2) エンドモレーン内部の凍結状況や熱的性質を知るための温度観測の他、エンドおよびサイドモレーン各所で原位置密度試験と簡易レベル測量とRTK-GPS測量を行った。また、写真-1に示す湖水出口付近ではモレーンを探査し、Tribhuvan大学に持ち込んで室内土質試験を行っている⁵⁾。

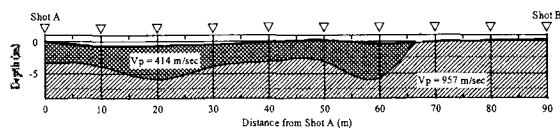


図-3 Site Iでの弾性波探査結果例

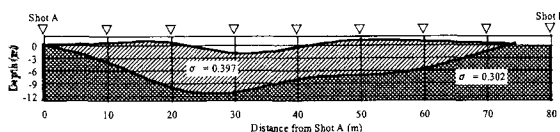


図-4 Site IIでの弾性波探査結果例

3. 調査結果 Site Iでの弾性波探査結果の一例を図-3に示す。4測線での探査し、それぞれはぎとり法で解析を行った結果、上位から $V_p=400\sim650\text{m/sec}$ 、 $V_p=950\sim1300\text{m/sec}$ の二層構造を確認した。同時に行った側岸露頭での確認では、基盤岩の P 波速度は約 2km/sec であり、また、図-3の70~90m 地点のような、下位層が地表に露出するところでは、モレーンが氷結している様子が見られた。これらのことから、基盤の位置は50m 以深にあると推定され、モレーンダムは厚く堆積したモレーンの上に発達していることが分かった。一方、Site IIでの結果の一例を図-4に示す。Site IIでは、PS 波探査を行い、はぎとり法で解析した後、ポアソン比 σ を求めた。下位層はそのポアソン比から化石氷床と考えられ、その氷床が

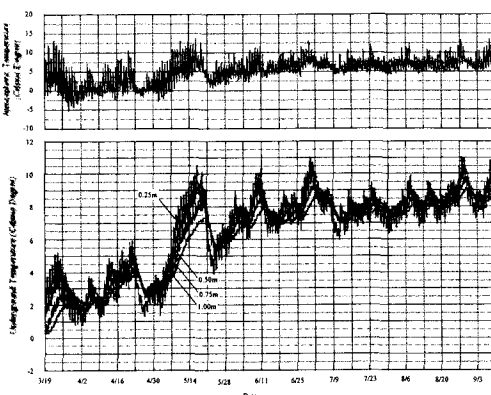


図-5 モレーン内部の温度計測結果例

0~10mのモレーンで覆われていることが分かった。図-5は、モレーン内部の温度計測結果で、上のグラフに観測点での気温変化、下のグラフに地表から25、50、75、100cmの深さでの温度変化を示した。観測は3月19日から開始しているため夏期間の記録であるが、夏になると地中温度は、100cmの深さでも、気温よりも高くなることが分かった。特にモンスーン期に入る6月中旬以降は地中温度の変化幅が小さくなっており、降雨水浸透の影響が唆された。この地域で気象観測を続けている名古屋大学氷河研究グループとネパール水文気象局からの私信によれば、最近2、3年の傾向として、気温の上昇は殆ど見られないがモンスーン期の降雨量が著しく増加しているとのことである。従来一般に、モレーンは、その下位の化石氷床や凍土を直射日光から保護し、それらの融解速度を遅くする作用があると言われており、いくつかの融解シミュレーションモデルが提案されている⁹⁾。しかし、降雨量とそれに伴うその浸透水の増加は、モレーン内部の熱伝導を変化させて化石氷床やモレーン内部の凍土の融解を促進することが考えられる。化石氷床や凍土の融解は、モレーンダムの安定性に直結する問題なので、今後、浸透水による熱伝導モデルの検討を含めた安定性の検討が必要であると考えている。なおモレーン内部の温度計測は現在なお継続しており、今後は冬期間のデータも含めて検討することになっている。

本研究は、文科省科学研究費補助金(課題番号 15360258)を受けた。また、ネパールトリブバン大学理工学研究所中央地質学科には、調査機器や試験機に便宜を図って戴いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) ICMOD: Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods, Nepal, 2001. 2) WECS: Preliminary Work Report on Glacier Lake Outburst Flood in the Nepal Himalaya, WECS Report No.4/1291191/1, Seq. No.387, 1991. 3) Yamada, T.: Report for the First Research Expedition to Imja Glacier Lake - 25 March to 12 April 1992, WECS Report No.3/4/120892/1/1, Seq. No.412, 1992. 4) Sakai, A. et al.: Volume Change of Imja Glacial Lake in the Nepal Himalayas, Proc. of Disaster Mitigation & Water Management, pp.556-561, 2003. 5) 梅村他: 第38回地盤工学研究発表会平成15年度発表講演集, pp.2181-2182, 2003.