

原位置における氷雪の一軸圧縮試験

京都大学大学院 学生員 伊藤 一

1. まえがき

土木構造物を極寒地域に建設する場合、基礎として雪氷の利用を考える必要がある。そのためには雪氷の種々の力学的性質を知るなければならぬ。この研究では基礎的な試験の一つとして一軸圧縮試験を行なった。

2. 実験の概要

雪氷は温度変化に応じて力学的性質が著しく異なると思われるので実験は現場で行な。た。場所は富山県剣岳の近くの蛤雪という雪渓上であり、時期は7月末から8月始めにかけてである。雪渓上に2m×1m×11.5mの横穴を掘り実験室として使用したが、入口に発泡スチロールの戸を立てた状態で3℃を保った。横穴は同時に試料採取にも利用し、水平方向に3mおきに4ヶ所から採取した。位置のちがいは鉛直方向に換算すると約1.7mの差になり、これが先行荷重の差として試験結果に影響を及ぼすことが考えられる。供試体はすべてその冬の雪であり、密度の差は見られなかった。供試体の形は直径3.8cm高さ7.8cmの円柱形とし、圧縮方向と積雪層とのなす角度による影響を調べるため、積雪層に対して異なった角度をなす5種類の方法を円柱軸方向とした。試験機は最大荷重500kgの一軸圧縮試験機を用いた。試験方法は至制御法とし、至速さは77, 38, 19, 1.3%/minの4種類にした。載荷は手動で行ない、圧縮力・圧縮量ともにダイヤルゲージで読みとった。

3. 実験経過および結果

図1は最も深い位置から採取した供試体を等高線の接線方向に至速さ1.3%/minで圧縮したときの応力-変曲線の一例である。至速増加するにつれて曲線の傾きは急になる。図1では5分(至6.5%)毎にプロットしてあるが実際は20秒毎に読みとりを行なったので図2に拡大例を示す。曲線はなめらかに上昇せず、小さい山と谷をなしながら応力が増して行くことがわかる。図1でプロットした点の写真を図3に示す。圧縮につれて供試体はS字型になり純粋な圧縮

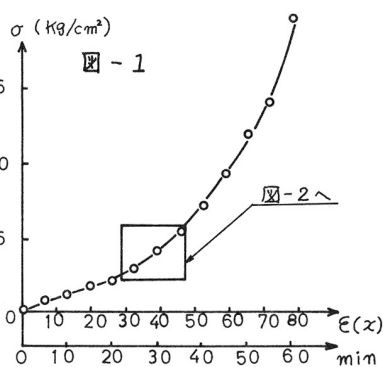


図-2

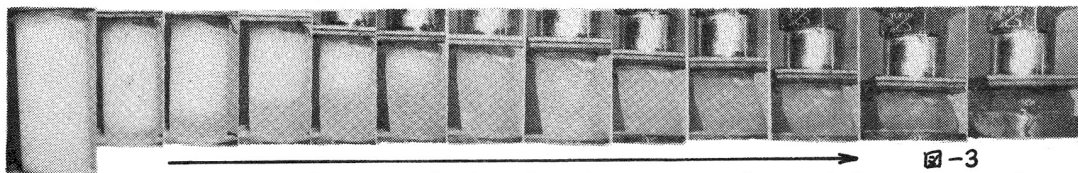


図-3

とはいえないが、この程度の至まで一軸圧縮を進めるとこの変形が多少は入ることをさけるれない。試験開始時と試験終了とは明度が異なる。試験前半では両部分が同時に存在

し、水平の境界線によって上下に分けられている。境界線は圧縮に従って上昇する。明度のちがいは含水率のちがいであって、暗い部分は飽和している。供試体は最初不飽和であるが、圧縮を進めるとまず空気が追出される。間げき水は供試体の下部から間げきを満たして行き、上端まで飽和した後は圧縮によって水が排出される。

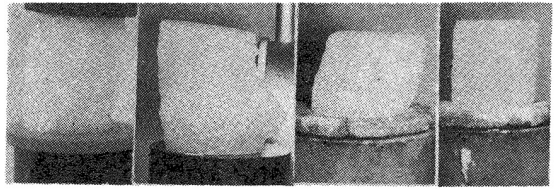


図 4

この写真でははきりしないが、側面に数本の縦の割れ目が発生している。供試体によっては他の形の破壊形態をとるものもある。図4は典型的な破壊形態を例示したもので、大まかにこの4種に分けられる。4つの破壊形態のうちa・bはせん断破壊であり、cは引張り破壊である。圧縮速さや試料採取の深さを変えると破壊形態が変化する。しかし圧縮速さと採取深さを決めても、一つの破壊形態に決まってしまうわけではなく、単に発生比率が変化するだけである。二つの破壊形態の対立した差異は応力の変化との対応である。せん断破壊によって応力が激減するのに対して、引張り破壊は応力の変化と直接の関係がない。またせん断破壊は引張り破壊にくるべて低応力・低歪で起こり、特にaは軟い雪を高速で圧縮した場合にのみ起こる。最も遅い歪速さ $1.3\%/min$ ではc以外の形の破壊は起こらなかった。何らかの原因でせん断破壊をまぬがれた供試体が圧縮につれて硬化した後引張り破壊を起こすのに対して、最初の構造が十分軟弱であるか、圧縮速さで硬化速さより速いときには硬化が進まないうちにせん断破壊が起こるものと考えられる。

歪15%および45%に対する割線弾性係数を求めて、圧縮方向・採取深さ・圧縮速さごとに集計すると、歪15%に対しては採取深さが深くなる経弾性係数が大きく、歪45%に対しては圧縮速さが大きいほど弾性係数が大きい。他の要素に関しては顕著な差が見られず、先行圧縮による影響は15%程度までの圧縮ではまだ残っているが、45%程度の圧縮では消えてしまっており、この途中に境界があるものと思われる。応力-歪曲線は最初のうちは圧縮速さと無関係にほぼ一定の傾きを持つが、圧縮が進むにつれて圧縮速さの大きいものほど曲線の傾きは急になり速く硬化する。圧縮速さの小さいものも、もう少し圧縮が進んだ時点で傾斜が急になるので、単に硬化する時期が相違するにすぎない。歪15%と45%の間に圧縮速さにより曲線の傾きが異なり始める点がある。

4. 結論

a 雪はLocking Materialである。ある歪をこえて圧縮すると弾性係数は著しく大きくなる。構造物基礎としてはこの程度に圧縮した状態での利用が望ましい。

b 雪はすべり破壊に対する安全度がかなり高い。雪氷においては普通の施工速度で施工すれば粘土地盤における緩速施工の効果が十分発揮される。またせん断抵抗もそのもの粘土に比較して大きい。

c 含水状態は非常に危険である。間げき水を含んだ状態では雪氷のせん断強度は低下し、また圧縮しやすくなる。さらに構造骨格の氷が内部で間げき水に変化することによる骨格自体の強度低下も付加される。