

Ⅲ - B202

真空蒸発による不飽和土の含水比低下技術（その1）

— 原理とモールドを用いた基礎的実験について —

大林組技術研究所 正員 ○西林 清 茂

" 正員 日笠山 徹 巳

" 正員 山 岸 克 彰

1. はじめに

高含水比粘性土の良質化技術としては、天日乾燥法や機械脱水法あるいは石灰を用いた化学的処理法があるが、これらはそれぞれ、気象の影響を受けやすかったり、設備が大規模であったり、用途によっては均一性に問題となることがある。材料を変質させることなく、高含水比粘性土とくに不飽和土の含水比を低下させる技術として、真空蒸発現象を利用したシステムを考案した。この方法は、土の持つ基本的な特性を変化させることなく、物理的に含水比を低減させることに特徴を有する。地盤改良における真空を用いた技術は、大気圧を圧密脱水の載荷重として利用する真空圧密工法（大気圧工法）であるが、ここに提案する手法は、

「高い真空度における低温雰囲気的水分蒸発現象を含水比低下技術に利用」したものである。以下、この真空蒸発による高含水比不飽和土の含水比低下技術のメカニズムを述べるとともに、モールドを用いた基礎的実証実験の結果について報告する。

2. 真空蒸発による不飽和土の含水比低下のメカニズム

図-1のように気密材料に高含水比土を密封し、真空ポンプを用いてその内部の空気を抜取り、内部の気圧を下げる。気圧が下がれば水の沸点温度も下がり、大気中温度（周辺温度）より低くなると、真空蒸発現象が発生する。この現象により土の間隙水が水蒸気化し、真空ポンプを通じ外部へ排出され、含水比低下に到る。間隙水の蒸発は気化熱を消費し、温度低下をもたらすが、同時に周辺の大気中温度との温度差が生じ、大気から土に対し熱伝導や熱輻射による熱の流入が発生する（熱収支の基本概念を図-2に示す）。大気中温度は1日の中でも変化するが、真空蒸発沸点と大気中温度の差が大きいため、大気中からの熱流入が盛んになり、間隙水の蒸発が促進され、含水比低下の効率も向上することになる。

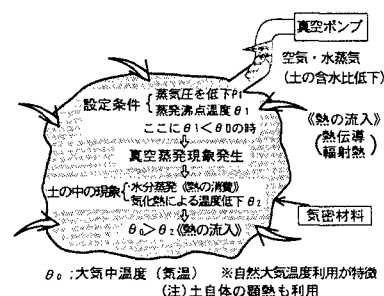


図-1 真空蒸発による土の含水比低下メカニズム

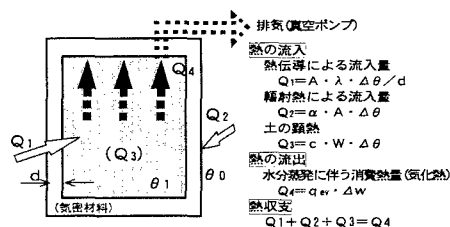


図-2 熱収支の概念

3. モールド実験

3.1 実験概要 上記のメカニズムを確認するために長野産ロームを用いた実験を行った。モールドは塩ビ製（φ 30×h35cm）で試験装置と試料条件を図-3に示す。各部位の温度計測は熱電対で行い、ロームの含水比の変化は装置全重量を計量し、その減少分で求めた。

3.2 実験結果

(1) 室内温度とモールド内（砂層）温度 実験室内温度は昼間 24℃程度、夜間 22℃程度で日変動し、平均約 23℃である。図-4に含水比の変化と室内およびモールド内（砂層）、ローム内の温度変化を示す。モールド内（砂層）温度は室温同様日変動するが、その変化は室温よりも小さい。その理由としては、室温の高くなる昼間は水分蒸発も盛んとなり、気化熱の消費も増加して温度上昇を抑制することと、夜間は室温が下がり蒸発が衰えるので気化熱の消費が減少して温度低下も減少することが考えられる。

(2) ローム内温度と含水比の変化 ローム内温度 T-2、T-3 とほとんど同一の変化を示した。深さ方向のキ-ワ-ド；粘性土、不飽和土、土中水、真空蒸発、室内実験

連絡先；〒204 清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0910 FAX 0424-95-0903

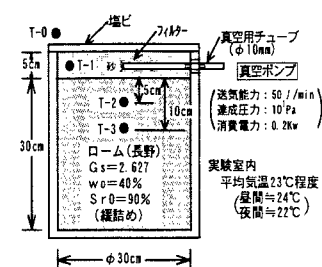


図-3 実験装置および試料条件

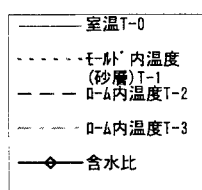


図-4 含水比の変化と温度変化(実験室内、モールド内(砂層)、ローム内)

差はほとんどなく、圧密現象とは異なってローム全層での真空蒸発が発生していることを意味する。特徴的な事は、ローム内温度および含水比の変化が8日目を境に大きく変化する事である。以下、8日目を境とした前半と後半について考察する。

①初日～8日間の挙動； ローム内温度は当初22℃程度であったが、真空ポンプを稼働させると、蒸発に伴う気化熱消費のために1日目で16℃に低下し、日変動はあるものの上限18℃程度、下限16℃程度であり、8日間平均17℃で推移している。一方、真空蒸発によって含水比は低下しているが、その低下割合は8日間を通じてほぼ一定であった。一日当たりの含水比低下量で示すと約1.5%/dayとなり、脱水量にすると約250g/dayである。ここで強調すべきは、含水比の変化が圧密現象の場合とは異なり、時間に比例して定量的に低下することである。ただし、室温の日変動の影響を詳細に見ると、昼間が含水比低下量が多い。これは当然のことながら昼間は室温が高く熱の流入量も大きく蒸発を促進しているためであると思われる。この含水比の低下傾向は他の試料やモールドを用いた実験にも共通している（その2）を参照）。

②8日以降の挙動； 含水比27%程度に到るとそれ以降の含水比変化は減少し、それまでと異なった勾配の緩い直線を示した。この変曲点は極めて明確に発生した。この時、土中の温度は急激に上昇し、モールド内温度および外気温との差が小さくなった。すなわち温度変化から見ると、温度低下につながる気化熱の発生する量が少なくなったことを示す。このことは図-5に示すように土粒子の間隙に存在する、いわゆる間隙水や土粒子表面水が蒸発する時期とこれらが蒸発を終え、その後は土粒子内部に含まれた水が土粒子内部から表面に到って蒸発する時期に分けて考えれば理解できる。間隙水蒸発の前半の時期は真空蒸気圧の程度と消費熱量によって蒸発量が左右され、間隙水が蒸発した後半の時期は土粒子内部に含まれた水が土粒子表面に浸出した分が蒸発する。当然、土粒子内部を通過するには時間を要し、蒸発対象となる水も少なく、したがって、上記の現象となる。この時点の土の状態はほとんどカラカラであり、現実的にこの含水比まで下げるまでもなく、土工の目的は達せられる。

4. まとめ

モールド実験を通じ、高含水比不飽和土の真空蒸発による含水比低下技術の可能性を確認した。ここでは不飽和土のモールド実験を示したが、この他にも飽和度の高い試料や実験条件を種々変化した実験も行っておりこの有効性を確認している。

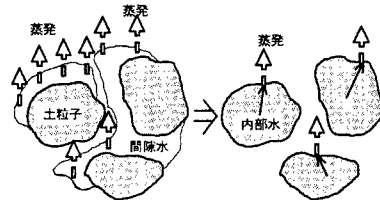


図-5 間隙水、内部水の蒸発現象