

Ⅲ - B 265

真空蒸発による不飽和土の含水比低下技術（その4）

— 加熱を考慮したモールド実験 —

大林組技術研究所 正員 ○日笠山徹巳

正員 鳥井原誠

正員 平間邦興

1. まえがき

著者は、高含水比の不飽和土の良質化技術として、真空蒸発現象を用いた含水比低下技術に取り組んでいる。これまでに、各種モールドや大型コンテナあるいは対象土質として関東ロームや大山ロームを用いた実験を実施し、高含水比不飽和土の真空蒸発による含水比低下が可能であることを実証してきた^{1),2)}。また、屋外における大型コンテナ実験から周辺温度が含水比低下効果に大きく影響することを確認した³⁾。そこで、試料温度と含水比低下効果や容器内圧力の関係を明確にするために、試料の加熱を可能にしたモールドを用いた基礎的実験を行った。

2. 実験用試料土

試料土は鳥取県産の大山ロームであり、その基本物性を表-1に示す。この試料は、練り返し等による強度低下が大きく、土工材料として利用するには含水比の低下が必要な材料である。

表-1 実験試料土

試料名	大山ローム
土粒子密度 ρ_s g/cm ³	2.673
自然含水比 w_n %	80.7
液性限界 w_L %	87.7
塑性限界 w_p %	32.7
塑性指数 IP	55.0

3. モールド実験

3.1 概要 図-1に示す銅製モールド（ ϕ 30cm×L 60cm）に試料土をモールド容積に対し試料体積が80%になるように投入した。その初期状態を表-2に示す。密閉されたモールド内の空気は、気液分離タンクを介し、真空ポンプにより排出した。試料の加熱はモールドセンターに配置した2本の棒状ヒーター（500W×2本）を用いた。モールド自体を回転させ、内部の搅拌板により試料を搅拌できる構造とした。試料土内部の温度分布を計測するためにモールドセンターおよび半径5cm、10cmの位置に、それぞれ3点熱電対を配置した。また、モールドの温度測定のために熱電対を外壁に3点、室温測定のために1点設置した。容器内圧力は、モールドに設置した絶対圧力計を用いた。

表-2 初期状態

試料重量 W_{so} kgf	24.6
含水比 w_o %	81.9
乾燥密度 ρ_{so} g/cm ³	0.420
間隙比 e_o	5.372
飽和度 S_{ro} %	40.7

表-3 試験ケース

NO.	圧力	搅拌	加熱
1	常圧	有	有
2	常圧	無	有
3	真空	有	有
4	真空	無	有
5	真空	有	無
6	真空	無	無

3.2 試験ケース 試験ケースを表-3に示す。なお、真空条件は真空ポンプでモールド内の空気を排出し、常圧条件は吸引口を開放し大気圧状態とした。搅拌条件は、30分に5分間360°の反転運動を行った。加熱は2本のヒーターに70Vの電圧を負荷した。試験は、室内（≒25℃）で行い、試料温度が室温と平衡になってから開始し、1ケースあたり10時間とした。

3.3 含水比の計測 試験前後において、試料土をサンプリングし、炉乾燥法にて含水比を計測した。ただし、試験後は採取場所の影響をなくすために全量を対象とした。また、試験直前と5時間経過後、10時間後（終了時）にモールド総重量を計量し、重量の減少分から脱水量を求め、平均含水比を算出した。

3.4 試験結果および考察

(1) 計測結果 一例として、NO.3（真空、搅拌、加熱）の計測結果を図-2に示す。NO.3では、

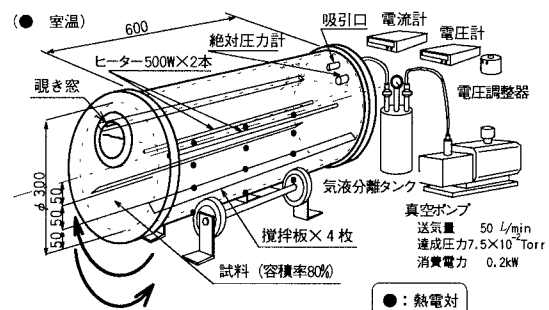


図-1 実験装置概要

キーワード；粘性土、不飽和土、土中水、真空蒸発、室内実験

連絡 先；〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0910 FAX 0424-95-0903

攪拌により試料全体が一様に温度上昇し、それに伴い、容器内圧力も増加している。真空蒸発による脱水も時間とともに進行している。

加熱条件での試料平均温度は、常圧で 42℃程度、真空で 35℃程度まで上昇したのに対し、加熱しない条件では若干の温度低下を示した。

(2)含水比の低下効果 各ケースにおける含水比の経時変化をまとめて、図-3に示す。なお、サンプリングによる含水比と脱水量から求めた平均含水比がほぼ同じであることから、同図には平均含水比を示した。

この図より、常温で真空蒸発による含水比低下を行うより、加熱し気化熱を供給した方がその効果大きいことが明確である。常圧、加熱条件で含水比低下が見られなかったのは、加熱され気化した水蒸気がモールドの外へ効率よく排出されなかったためである。

(3)真空条件における試料土の伝熱特性 真空条件における攪拌の影響を図-4に示す。この図より、不攪拌では、ヒーターの存在するセンターが5時間を境に急激に上昇している。真空条件では、熱媒体である空気が希薄となり、土粒子の接触による熱伝導が主になるため、熱伝導が非常に遅いものと考えられる。

(4)容器内圧力と試料温度 NO.3（真空、攪拌、加熱）における容器内圧力と試料温度の関係を図-5に示す。試料温度は、温度分布がほぼ同心円状であるとし、測定値の半径方向の加重平均値とした。この図より、容器内圧力の温度依存性は明らかであり、水の飽和蒸気曲線より若干小さな値を示すが、その傾向は同じである。

(5)加熱時の熱効率 加熱条件において、ヒーターのジュール熱に対し、試料およびモールドの熱量増加分と水の気化熱量の合計の割合（熱効率）は、常圧では0.3、真空では0.5であった。真空条件では気化した水蒸気を真空ポンプで継続的に排気するのに対し、常圧条件では効率よく排気できなかったためと考えられる。

4. まとめ

今回のモールド実験より、真空蒸発による不飽和土の含水比低下現象に熱量の供給が大きな要因であることを明確にした。入熱量の制御が容易なヒーターを用いた実験を通じ、熱量と含水比低下のメカニズムの関係を計量化することで、同技術の設計に向けて指針が得られるものと思われる。また、今後、含水比低下効果と真空ポンプの能力（送気量、達成圧力）との関係を含め、検討する予定である。

《参考文献》1)、2)西林、日笠山他；「真空蒸発による不飽和土の含水比低下技術（その1）」、（その2）」、土木学会第52回年次講演第III部門B、pp406～409、1997、3)日笠山、他；「真空蒸発による不飽和土の含水比低下技術（その3）」、第33回地盤工学研究発表会、投稿中、1998

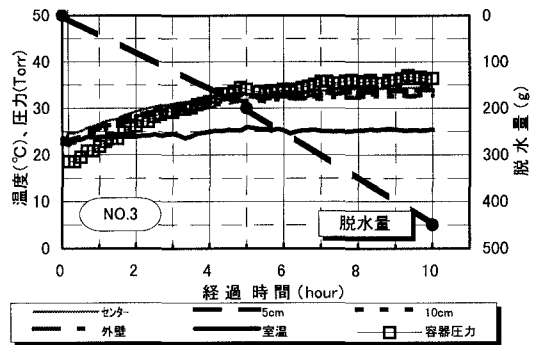


図-2 計測結果例（真空；攪拌；加熱）

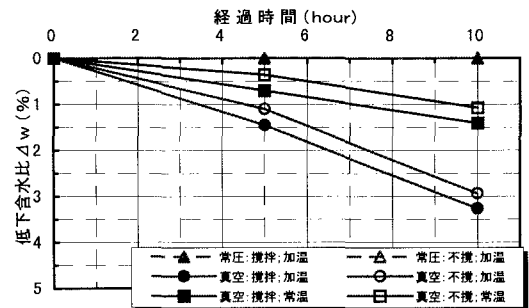


図-3 各ケースにおける平均含水比の経時変化

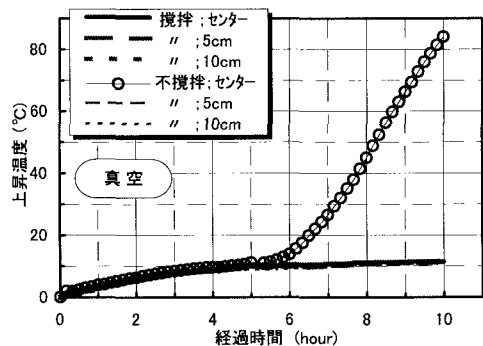


図-4 真空条件における攪拌の影響

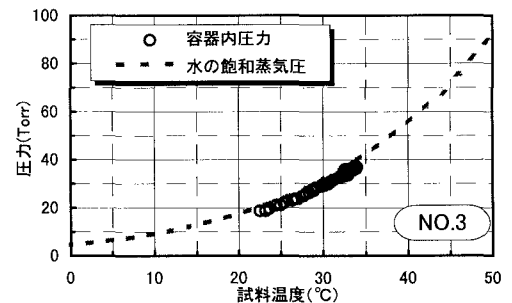


図-5 容器内圧力と試料温度の関係