

細骨材表面水の強制排水過程に関する室内試験と数値解析

大成建設(株) 土木技術研究所 地盤・岩盤研究室 正会員 ○平塚 裕介
 前国土交通省北海道開発局 夕張シューパロダム総合建設事業所 今野 浩二
 前(独)土木研究所 水工研究グループ 正会員 山口 嘉一
 大成建設(株) 土木技術研究所 地盤・岩盤研究室 山本 肇

1. はじめに

RCD 工法によるダムの高速化施工では、安定した品質のコンクリートを製造するため、細骨材表面水率を 6.0% 程度以下まで速やかに低減させることが必要とされる。その方法として、著者らの研究グループはウェルポイントを用いた強制排水による細骨材表面水の急速低減技術を考案し、その有用性を現場試験で確認している¹⁾。本手法での強制排水の管理や最適化には、細骨材の脱水挙動を定量的に把握することが望ましい。今回、室内カラム試験によって細骨材の吸引脱水挙動を観察するとともに、気液二相流の数値解析手法の適用性を確認した。

2. 室内吸引脱水カラム試験

a) 試験概要

試験装置を図 1 に示す。アクリル製カラム (内径 100mm, 高さ 1000mm) に細骨材試料を充填し (乾燥密度 1.6g/cm^3 , 間隙率 40%), これを供試体とした。試料には夕張シューパロダム工事で製造された細骨材を用いた。カラムには排水面からの高さ 10, 20, 30, 50, 80cm の 5 箇所に誘電率型土壌水分センサー (Decagon 社製 EC-5) とテンシオメーター (竹村電機製 DM-8M) を設置し、各々で飽和度、サクシオン圧を測定した。排水量は電子天秤で、吸引圧はカラム下端の絶対圧計で測定した。

試験手順は、まずカラム内の細骨材試料をゆっくりと水で飽和した後 (飽和度 92%), カラム下端のバルブを開放して自然排水を開始し、排水量が安定するまで 18 時間継続した。その後、カラム下端に接続した真空ポンプにより強制排水 (カラム下端での吸引圧=大気圧-10kPa) を 3 時間行った。なお、強制排水終了後の挙動についても確認するため、18 時間の事後計測を行った。

b) 試験結果

積算排水量、飽和度、サクシオン圧の経時変化を図 2 及び図 3 に示す。ここでサクシオン圧のグラフでは負圧を正とする。積算排水量は自然排水完了時 1640ml, 強制排水完了時 370ml (合計 2010ml) であり、各時点での飽和度は各々 40.7%, 28.7% であった。自然排水期間は、開始直後に急激な排水が生じた後、緩慢な動きになり、その後 10 時間程度で安定した。水は重力によってカラム下方へ移動し、カラムの上方ほど飽和度が低くサクシオン圧が大きくなった。強制排水を開始すると排水量、飽和度、サクシオン圧ともに再度急激な変化が見られた。強制排水時のサクシオン圧は細骨材間隙中の毛管圧に、真空吸引に

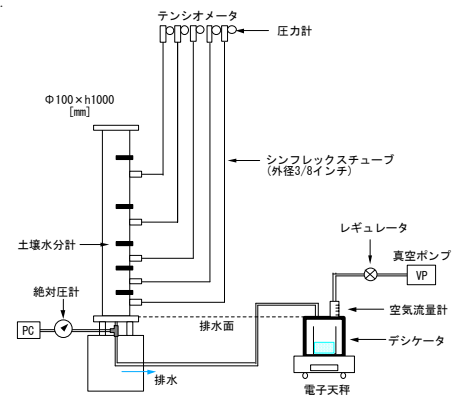


図 1 試験装置

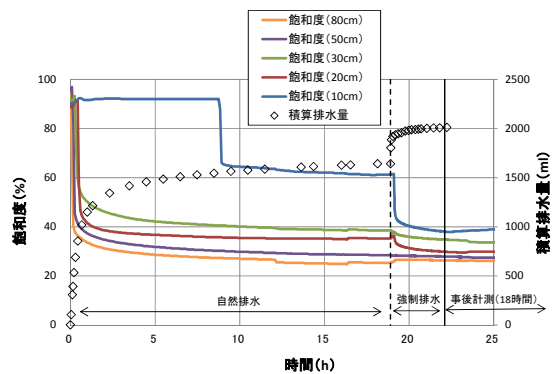


図 2 飽和度・積算排水量の経時変化

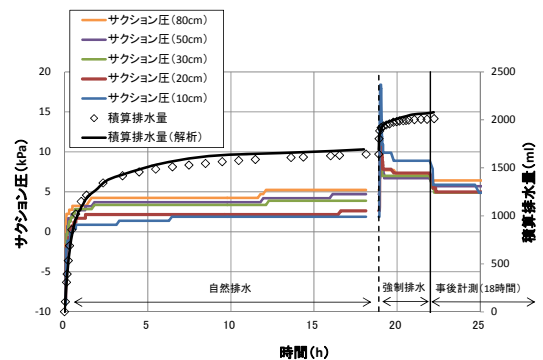


図 3 サクシオン圧・積算排水量の経時変化

キーワード RCD 施工, 細骨材, 水切り, 気液二相流, 真空排水, サクシオン

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7237

よる負圧の気相圧力を加えたものを測定している。そのため、自然排水期間中と逆に吸引口に近い供試体下方ほどサクション圧が大きくなっている。強制排水開始後、自然排水期間を通じて比較的高い飽和度の低下が見られた。

3. 数値解析

空気と水の2成分を考慮できる気液二相流解析コードTOUGH2/EOS7を用いて、カラム試験結果の再現を試みた。均質で等方な物性を有する一次元モデルを考え、長さ1mのカラムを格子間隔1cmで分割した解析格子を用いた。境界条件として、最上端を飽和度0%の大気圧条件(101.3kPa)に設定した。最下端は飽和度100%とし、自然排水時と強制排水時の圧力を各々101.3kPa(大気圧)と91.0kPa(大気圧-10kPa)に設定した。初期条件としてカラム全体に初期飽和度92%を与えた。

解析に用いた水理物性値を図4中に示す。絶対浸透率は、本試験に先立って実施した飽和透水試験結果に基づいて設定した。気液二相流解析で必要になる相対浸透率と水分特性曲線(飽和度と毛管圧力の関係)は、別途実施した不飽和透水・透水試験ならびに保水性試験結果をVan Genuchtenモデルにフィットした関係を用いた(図4)。ただし、液相の相対浸透率については、自然排水時の積算排水量をもとに修正を加えた。

解析結果と実験結果の比較を、積算排水量の経時変化、飽和度、サクション圧の鉛直分布について各々図3、図5、図6に示す。これらの図から、自然排水、強制排水の全期間を通じて、実測の経時変化が解析により定量的によく再現されていることが分かる。図5の左図に保水性試験による水分特性曲線をあわせて記した。実験・解析結果とも、自然排水では時間の経過とともに、飽和度の鉛直分布は水分特性曲線に漸近していることが分かる。すなわち、自然排水では細骨材特有の毛管圧と重力のバランスにより脱水限界が定まることが確認される。一方、図6の強制排水時を見ると、自然排水では脱水できなかった供試体下方の飽和度が破線で示す水分特性曲線よりも低減しており、この傾向は解析結果でも表現されている。以上の結果から、細骨材表面水の自然/強制排水過程への気液二相流解析モデルの適用性が確認された。

4. まとめ

- 自然排水の脱水限界は、細骨材の有する毛管力により定められ、それ以上の脱水は重力による自然排水では困難である。強制排水によりさらに脱水を行うことが可能になる。
- 気液二相流の数値解析により、細骨材表面水の脱水過程を良好に再現できた。特に、強制脱水時の真空ポンプによる吸引効果も定量的に予測しうることが分かった。液相の相対浸透率を自然排水時の排水量に対してキャリブレーションすると、その後の強制排水時の予測精度を高めることができる。

参考文献 1) 原山之克, 黒木博, 黒羽陽一郎: 強制排水を利用した細骨材の水切り時間の短縮について, 土木学会第66回年次学術講演会, VI-434, pp867-868, 2011.

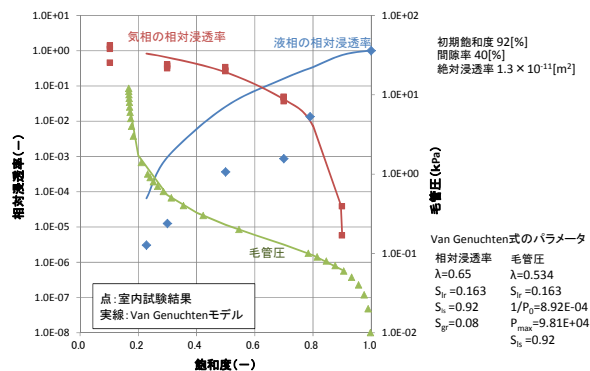


図4 解析に用いた水理物性値

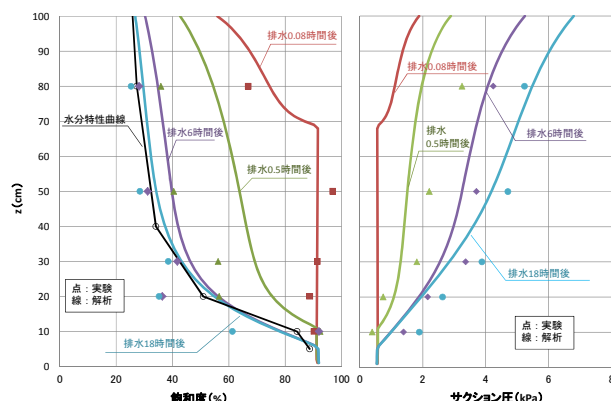


図5 自然排水時の飽和度とサクション圧の鉛直分布

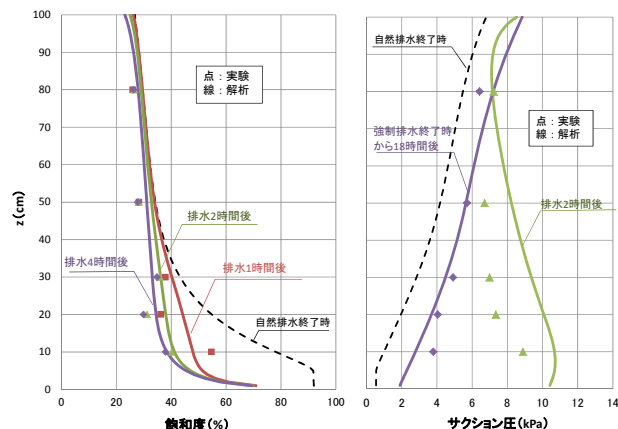


図6 強制排水時の飽和度とサクション圧の鉛直分布