

気液二相流による細骨材表面水の排水シミュレーション

大成建設(株) 土木技術研究所 地盤・岩盤研究室 正会員 ○増岡健太郎
 国土交通省北海道開発局 夕張シュエパロダム総合建設事業所 高橋 孝広
 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 正会員 下茂 道人

1. 背景・目的

著者らの研究グループでは、RCD 工法施工に用いる細骨材表面水を強制排水により急速低減する技術の開発を目的とし、現場試験を実施した¹⁾。試験では、湿潤状態の細骨材を山状に投入し、その後の自然排水過程と真空吸引による強制排水過程における排水量を測定するとともに、細骨材山内部の間隙水の移動過程を水分計やテンシオメーターにより経時観測した。本稿では、気液二相流解析を実施して現場試験を再現し、強制排水のメカニズムと効率的な排水方法について考察したので、その概要を述べる。

2. 現場試験再現シミュレーション

1) 解析モデル

現場試験の再現を目的として(現場試験の詳細については参考文献1)を参照)、積分差分法による多孔質・亀裂媒体中の非等温・多成分・多相流体解析コードである TOUGH2-MP を用い、水と空気の流れを考慮した気液二相流解析を行った。現場試験の測定データを基に細骨材山を図-1 に示すような円錐形で近似して解析格子を作成した。一つの格子は一辺 0.2m の立方体とした。境界条件は、底面を除く外側境界を大気圧 (101.3kPa) の圧力固定境界とし、底面を不透水境界とした。ただし、強制排水過程では、底面排水口とウェルポイントの吸引部を所定の真空度による圧力固定境界とした。

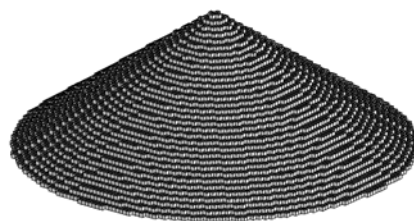


図-1 数値解析用格子(高さ約 7m, 直径約 20m)

2) 水理物性値

水理物性値を解析ケースごとに表-1 に示す。間隙率は現場試験での乾燥密度の平均値 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ と別途実施した土粒子密度試験結果 ($\rho_s=2.699\text{g}/\text{cm}^3$) から決定した。透水係数および初期飽和度は、現場試験における自然排水過程の排水量の経時変化をフィッティングして求めた。水分特性曲線には pF 試験結果、相対浸透率には同じ細骨材を用いて別途行った室内カラム試験でのフィッティング値を各々採用した²⁾。

3) 解析結果・考察

第1回および第2回試験で得られた積算排水量の実験結果と解析結果の比較を図-2, 図-3 に示す。いずれの試験についても、自然排水時の排水量については非常に良く実測を再現できた。一方、強制排水時についても良く実測を再現しているが、これは吸引口の真空度の仮定値により結果が大きく左右される。今回、吸引口を底面排水口のみとした第1回試験では底面排水圧力を 81kPa とした場合、底面排水とウェルポイントを併用した第2回試験では各々の排水圧力を 101kPa にした場合に、それぞれ試験結果を良く再現できた。第1回お

表-1 水理物性値(現場試験再現シミュレーション)

	第1回現場試験	第2回現場試験
透水係数[m/s]	3.0×10^{-5} ※1	5.0×10^{-5} ※1
間隙率	0.41	
初期飽和度[%]	90 ※2	87 ※2
残留飽和度[%]	16 ※3	
Van Genuchten の式のパラメータ	$\alpha=0.087[\text{cm}^{-1}]$, $n=2.856$ ※3	

※1 現場試験の自然排水データによるフィッティング値

※2 仮定値

※3 室内試験データによるフィッティング値

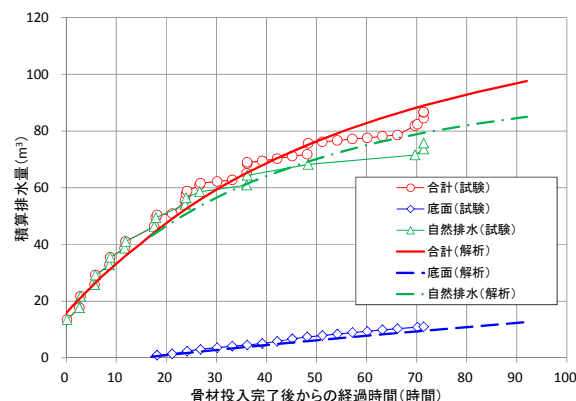


図-2 積算排水量の経時変化(第1回現場試験)

キーワード RCD 施工, 細骨材, 水切り, 真空排水, 気液二相流, ウェルポイント

連絡先 〒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

よび第2回試験で、共に排水圧力が大気圧に近く真空度が低い結果になった理由は、試験で用いた排水装置が簡易型であり、吸引部分に高い真空度を与えられていなかったと推定される。また、第1回および第2回試験で底面排水圧力に差が生じた原因には、底面排水口付近の目詰まりやウェルポイントの底面排水への干渉等が考えられ、排水口位置の圧力を測定することが今後の課題である。図-4には、第2回試験における細骨材山内の体積含水率の経時変化を示す。これらは細骨材山の中心から平面方向に3m離れた地点で、底面から鉛直方向に1m間隔で5点測定した値である¹⁾。図より、GL+3m, GL+2m, GL+1mにおいて、値が急激に低下する時間が試験結果と解析結果でほぼ同じであり、本解析により細骨材山内部における水の挙動について上手く表現出来ていることが分かる。

3. 効率的排水方法の検討

ここで、強制排水圧力（底面，ウェルポイント），強制排水の開始時期，強制排水箇所の高さに注目し，効率的な強制排水方法を検討する。検討では，前述した第2回試験の解析条件を基本ケースとし，表-2のように上記の条件を変化させ，それらの効果を調べた。

自然排水と強制排水を合わせた合計積算排水量の比較を図-5に示す。まず，強制排水圧力については，基本ケースと1-2の比較から，例えば，真空度を51kPaに高めることで，合計積算排水量が2割程増加することが分かる。次に，排水開始時間については，ケース1-1と1-2で60時間頃にはほぼ同じ値となるため，排水開始を遅らせた方が効率は良いが，急速に表面含水率を低下させる場合には早期に強制排水を開始する必要がある。また，ケース2-1と2-2から，排水位置が高い場合，排水位置より低い位置の水を排水することが難しく，合計排水量が減少することが分かる。

4. まとめ

気液二相流解析によって，現場試験における強制排水による細骨材表面水の急速低減を再現し，定量的な評価が可能であることを示した。効率的な排水促進に必要な条件として，①排水部の真空度を高め，②排水開始時間を早くし，③排水位置を低くすることが有利であることを解析結果より提案した。また，簡易型のウェルポイント装置では真空度が小さいことが解析結果から考えられた。今後は，実施工における排水条件の設計に本技術を利用し，施工計画に反映させていく。

参考文献

1) 下茂道人，古市雄一，山口嘉一，増岡健太郎：強制排水に

よる細骨材表面水の低減効果に関する現場試験，土木学会第67回年次学術講演会，2012（投稿中）

2) 平塚裕介，今野浩二，山口嘉一，山本 肇：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，土木学会第67回年次学術講演会，2012（投稿中）

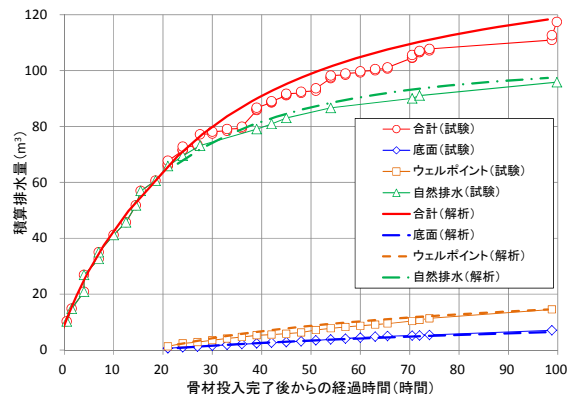


図-3 積算排水量の経時変化（第2回現場試験）

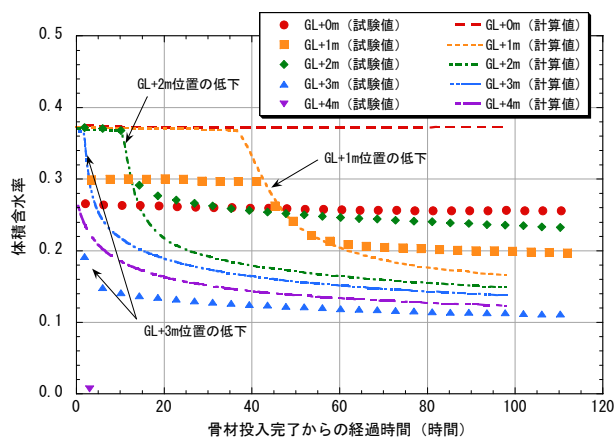


図-4 体積含水率の経時変化（第2回現場試験）

表-2 排水方法の検討の解析条件

	ケース				
	基本	1-1	1-2	2-1	2-2
底面排水圧力[kPa]	101	51		底面なし	
ウェルポイント排水圧力[kPa]	101	51			
ウェルポイント位置[GL+m]	0.3	0.3		1.3	0.3
骨材投入完了から強制排水開始までの時間[h]	17.75	0	17.75	0	

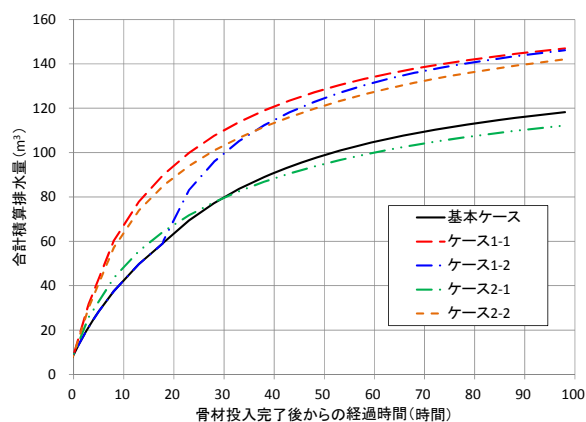


図-5 第2回試験結果と解析結果の比較