

粘土層内に閉塞した中間砂層の位置の違いが地盤沈下挙動に与える影響

(独法) 港湾空港技術研究所	正会員	高橋 英紀・北詰 昌樹
(株) ジオデザイン	正会員	○ 浦上 朋靖
復建調査設計(株)		山田 和弘
関西国際空港用地造成(株)	正会員	田端 竹千穂
関西国際空港(株)	正会員	森川 嘉之

1. はじめに

粘土層と砂層が相互に堆積している地盤上に盛土等の構造物を築造した場合、粘土層内に閉塞した中間砂層は完全な排水層としては機能しないと考えられる。しかし、閉塞した砂層であっても盛土下部に発生した過剰間隙水圧を周辺地盤へと伝播させるために排水層として限定的に機能すると考えられる。この場合、地盤内の間隙水圧の上昇と消散過程は複雑になる。また、複数の盛土構造物を時期をずらして近傍に建設する場合、新規の盛土を築造することによって過剰間隙水圧が周辺へ伝播して既設盛土の沈下挙動に影響を与える可能性がある。この現象のことを例えて「水枕現象」と呼んでいる。盛土の沈下挙動をより精度良く予測するためには、砂層を含む粘土層での水枕現象について検討することは必要不可欠である。そこで本研究では、中間砂層の位置を変化させた FEM 解析と模型実験を実施して水枕現象について検討を行った。

2. 数値解析の概要

数値解析は、土・水連成解析理論を取り入れた FEM によって行った。FEM 解析に用いた計算メッシュを図-1 に示す。粘土地盤の層厚を足し合わせると 24cm で、各々の中間砂層の層厚は 2cm である。

中間砂層の位置が異なる 2 種類の地盤を解析の対象としており、各地盤での砂層に挟まれた粘土層の厚さは上から 8cm, 8cm, 8cm (CASE1) および 4cm, 16cm, 4cm (CASE2) とした。各要素に用いた土質パラメータを表-1 に示している。関口・太田による弾・粘塑性体として粘土層をモデル化し、砂層は線形弾性体とした。

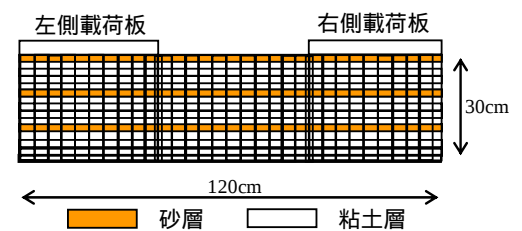


図-1 有限要素メッシュ (CASE1)

表-1 模型実験の土質定数

カオリン粘土		豊浦標準砂	
物性項目	物性値	物性項目	物性値
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.721	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.652
$w_L(\%)$	59.3	$e_{\max}$	0.992
I_p	33	$e_{\min}$	0.624
C_c	0.49		
$C_v(\text{cm}^2/\text{min})$	0.15		
$C_{\psi/p}$	0.314		

表-2 数値解析の土質定数

カオリン粘土		豊浦標準砂	
入力定数	数値	入力定数	数値
λ	0.213	$E(\text{kN/m}^2)$	2.0×10^5
κ	0.021	ν	0.33
M	1.5	$\gamma'(\text{kN/m}^3)$	9.14
ν	0.33	k_0	0.5
η	0.25	$k(\text{cm/s})$	1.0×10^{-2}
k_0	0.5		
α	0.002		
$\nu_0(1/\text{sec})$	1.16×10^{-8}		
$\gamma'(\text{kN/m}^3)$	7.21		
e_0	1.34		
$k(\text{cm/s})$	5.8×10^{-7}		

3. 模型実験の概要

模型実験の概略図を図-2 に示す。120%の含水比に調整したスラリー状のカオリン粘土を 80kPa で予圧密して 1 層の粘土層を作製した。粘土層を 2cm の深さだけ掘削し、掘削部分に豊浦珪砂を投入した。その上部に再び粘土層を作製した。この作業を繰り返して 2 層の中間砂層を含む地盤を作製し、最終的に 98kPa で予圧密した。各粘土層の厚さは数値解析と同じである。実験に用いたカオリン粘土と豊浦珪砂の物性を表-2 に示す。

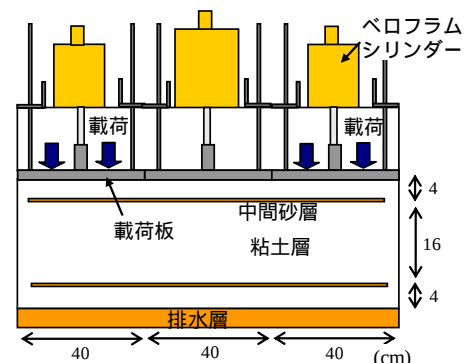


図-2 模型地盤の概略図 (CASE2)

キーワード 模型実験, 数値解析, 沈下,

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 (独法) 港湾空港技術研究所 TEL:046-844-5055

盛土の築造を模した模型地盤への载荷は、载荷装置と剛結した剛性の大きな载荷板によって行った。また、過圧密領域で载荷実験を行うことによって模型地盤が大きくせん断変形しないようにした。さらに、発生する過剰間隙水圧によって地盤がヒーピングする可能性があるために地盤全体に30kPaの初期拘束圧を与えた。

4. 数値解析結果

地盤の左側1/3を40kPaで载荷した場合の右側地盤の地表面変位を図-3に示す。左側の地盤を载荷することによって右側の地盤が膨張しており、水枕現象が生じていることが確認できる。膨張量を比較すると、中央の粘土層が厚いCASE2に比べて中央の粘土層が薄いCASE1の方が大きい。このことから、中央の粘土層が比較的薄く各粘土層厚が均等なほど水枕現象が大きくなると推測される。砂層に挟まれた各粘土層の膨張量を図-4に示す。CASE1において各粘土層の膨張がピークに達する時間に注目すると、上下粘土層と中央粘土層でのピーク時間にはそれほど大きな差がない。これに対してCASE2におけるピーク時間に注目すると、中央粘土層でのピーク時間は上下粘土層のものに比べて遅い。これは、中央粘土層が上下粘土層に比べて厚く、間隙水圧の上昇に時間がかかるためである。各粘土層での膨張のピーク時間が近いほど地盤全体の膨張量も大きくなると考えられ、CASE1とCASE2におけるピーク時間の差がそれぞれのケースでの膨張量の差の原因となっていると推測される。

5. 模型実験結果

模型実験では、地盤の左側1/3を40kPaで载荷してから、30分後に地盤の右側1/3を40kPaで载荷した。左側地盤の地表面変位を図-5に示す。地盤の右側を载荷することによって左側地盤の沈下挙動が一時停滞することが図から確認できる。この水枕現象の大小を比較するために、30分以降の沈下量で鉛直変位量を除して正規化したものを図-6に示す。中央の粘土層が比較的薄く各粘土層厚が均等なCASE1において、沈下の停滞時間が長くなっている。このことは、数値解析の結果と整合性が取れており、各粘土層厚が均等なほど水枕現象が大きくなることが実験的にも確認できた。

6. おわりに

粘土層内に閉塞した砂層は、過剰間隙水圧を周辺へ伝播させる限定的な排水機能を有していることから、砂層を含む地盤では水枕現象が生じていた。また、砂層に挟まれた粘土層厚が均等なほど水枕現象は大きく、厚い粘土層を含んでいると水枕現象は小さくなることが分かった。

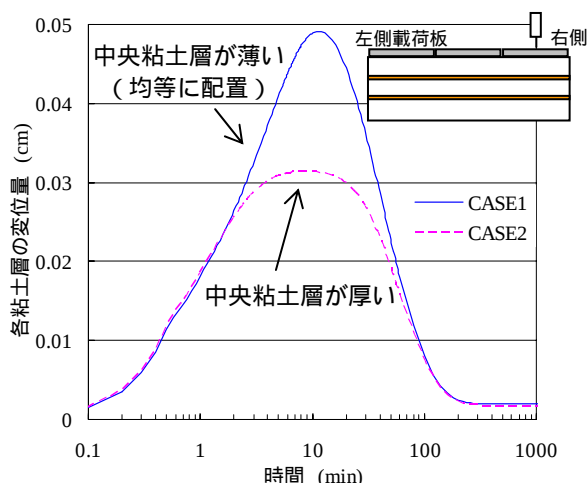


図-3 FEM 解析による右側盛土の膨張量

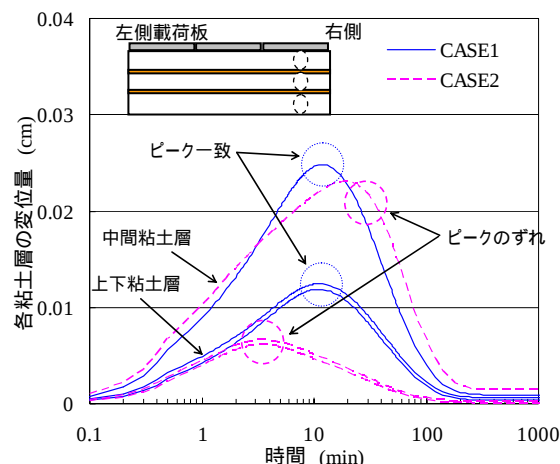


図-4 FEM 解析による右側盛土の各粘土層の膨張量

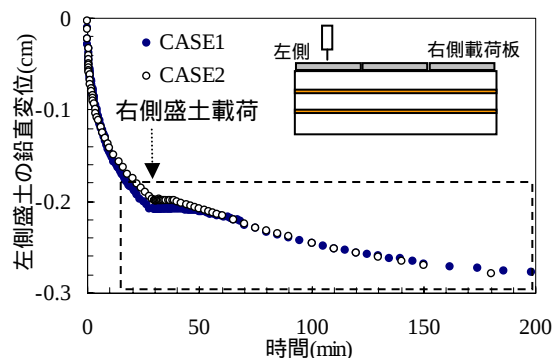


図-5 模型実験による左側地表面の膨張量

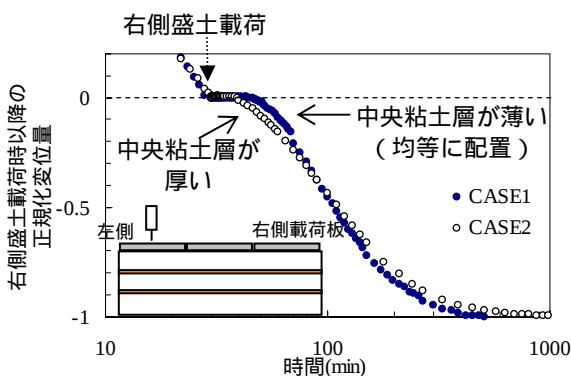


図-6 模型実験による左側地表面の膨張量（期载荷時以降を正規化）