

浅埋設される大口径管の浮上抵抗に関する遠心実験と予測モデル

積水化学工業 正会員 矢野博彦

大阪市立大学 正会員 東田 淳・非会員 佐野洋平・学生会員 森本和人・学生会員 新井偉史

まえがき 地下水位の高い地盤に浅く埋設される大口径管の浮上抵抗力を遠心実験で調べ、浮上抵抗力の予測モデルを示す。

実験方法 実験に用いた模型管は、硬質アルミ製で、外径 $D=6.9\text{cm}$ (原型で 2m)、管厚 4.7mm 、長さ 16.2cm 、重量 28.4g/cm である。図-1に実験装置の概要を示す。模型管を表-1に示すまき土(S16)、またはシルト質砂(S30)を締固めて作成した密な模型地盤中に埋め、模型を遠心加速度 $29g$ 場に置き、水タンク兼用のプラットフォームに空気圧を送って地盤水位を上昇させ、(1)地盤全体を飽和(H を $1.1D$ 、 $0.5D$ 、 $0.15D$ の3通りに変化)、(2)地盤の一部を飽和($H=1.1D$ と一定にして、地下水位を管頂、管頂と地表面の中央、地表面の3通りに変化)、(3)不飽和地盤(水位上昇なし、土被り高 $H=1.1D$ のみ)の状態、油圧シリンダーに接続した2本の鋼棒($\phi 4\text{mm}$ 、摩擦を切るため、薄いアルミ管に収納)によって一

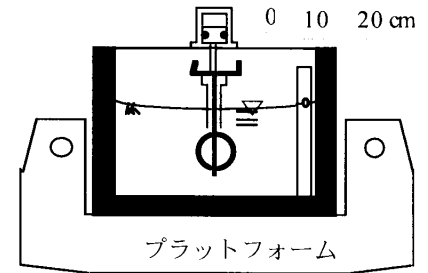


図-1 模型実験装置

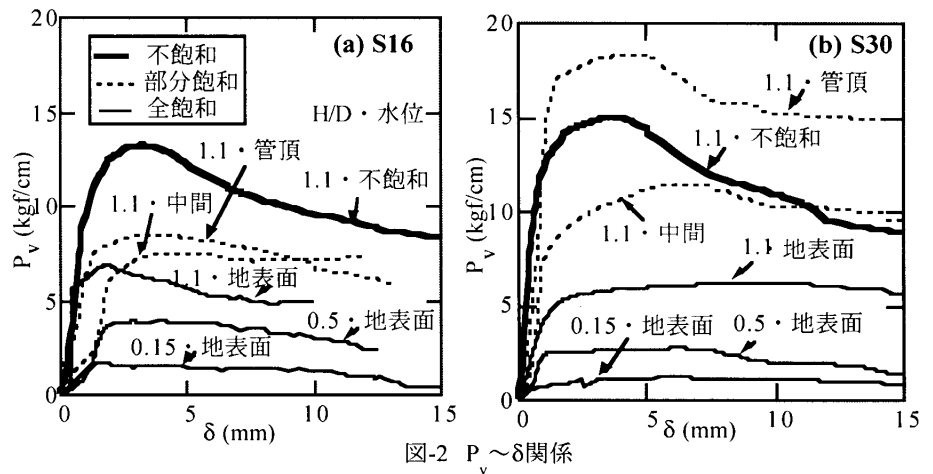
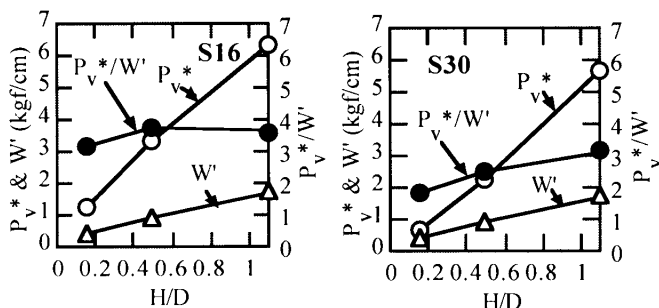
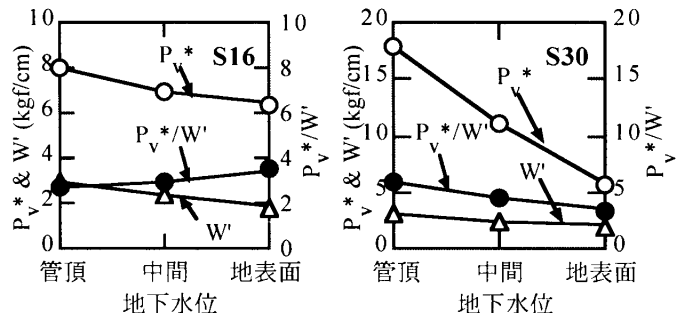
表-1 地盤材料の性質

地盤材料 [#]	Dmax mm	G _s	U _c	$\rho_{d\max}$ g/cm ³	$\rho_{d\min}$ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	w %	模型作成時			飽和時	
								c_d tf/m ²	ϕ_d deg		c_d tf/m ²	ϕ_d deg
S16	2.0	2.71	70	1.92	1.42	1.70	10	2.3	38	0	38	
S30	2.0	2.67	115	1.86	1.29	1.70	12	4.6	32	—	—	

#S16: まき土、S30: シルト質砂。S30の飽和時の強度は未測定。

定スピード(1mm/min)で引上げ、引上げ力 P_v と引上げ量 δ を測定した。地盤水位はガラス面に付けた水位計のフロートにより測定した。模型管には水が入りできるように穴を数カ所開け、ポーラスストーンを詰めた。

実験結果 図-2に、全実験で得られた引上げ力 P_v と引上げ量 δ の関係を模型スケールで示す(S30の部分飽和地盤の2データ(水位が管頂と中間)は信頼性に欠けると判断している)。図-3と図-4は、 P_v の最大値から管自重を差引いた値 P_v^* 、管直上の有効土塊重量 W' (管の肩部を含む直上土塊重量)、および両者の比 P_v^*/W' を、全飽和地盤の H/D (図-3)、ならびに部分飽和地盤の水位位置(図-4)に対してプロットしている。図-3と図-4から、 P_v^* は W' よりも常に大きく、全飽和地盤(図-

図-2 $P_v \sim \delta$ 関係図-3 全飽和地盤の P_v^* 、 W' および P_v^*/W' の H/D による変化図-4 部分飽和地盤の P_v^* 、 W' および P_v^*/W' の地下水位による変化

キーワード: 埋設管、浮上抵抗、遠心模型実験、予測モデル、地盤変形

連絡先: 大阪市住吉区杉本3-3-138・大阪市立大学工学部・Tel & Fax: 06-6605-2725

3)で W' の1.8～3.7倍の値となっていることが分かる。

図-5は、 $H/D=1.1$ の場合の全飽和、不飽和両地盤の管の引上げによる地盤変形の様子をS16地盤とS30地盤について示している。点線、破線、実線は、管の引上げ前、 P_V がピークを過ぎて地盤変形が明瞭となった時点($\delta=5\text{mm}$)、引上げをほぼ終了した時点($\delta=10\sim14\text{mm}$)をそれぞれ表す。破線で示した時点において、せん断面(直線)が水平となす角度 α を読み取ると、S16地盤で 55° (不飽和)、 80° (飽和)、S30地盤で 60° (不飽和)、 75° (飽和)程度となり、飽和地盤の α の方が不飽和地盤の α よりも大きい。また、引上げ終了時点の地盤変形は、S16地盤は管直上土塊がほぼ鉛直に上昇するのに対して、S30地盤は管上部の土塊が管に垂れ下がるような形状を示す。さらに、飽和地盤で H を変化させても α はそれほど変わらず、また部分飽和地盤(水位中間)では、下の方から飽和地盤の $\alpha \rightarrow$ 不飽和地盤の α に変化していることが分かった。

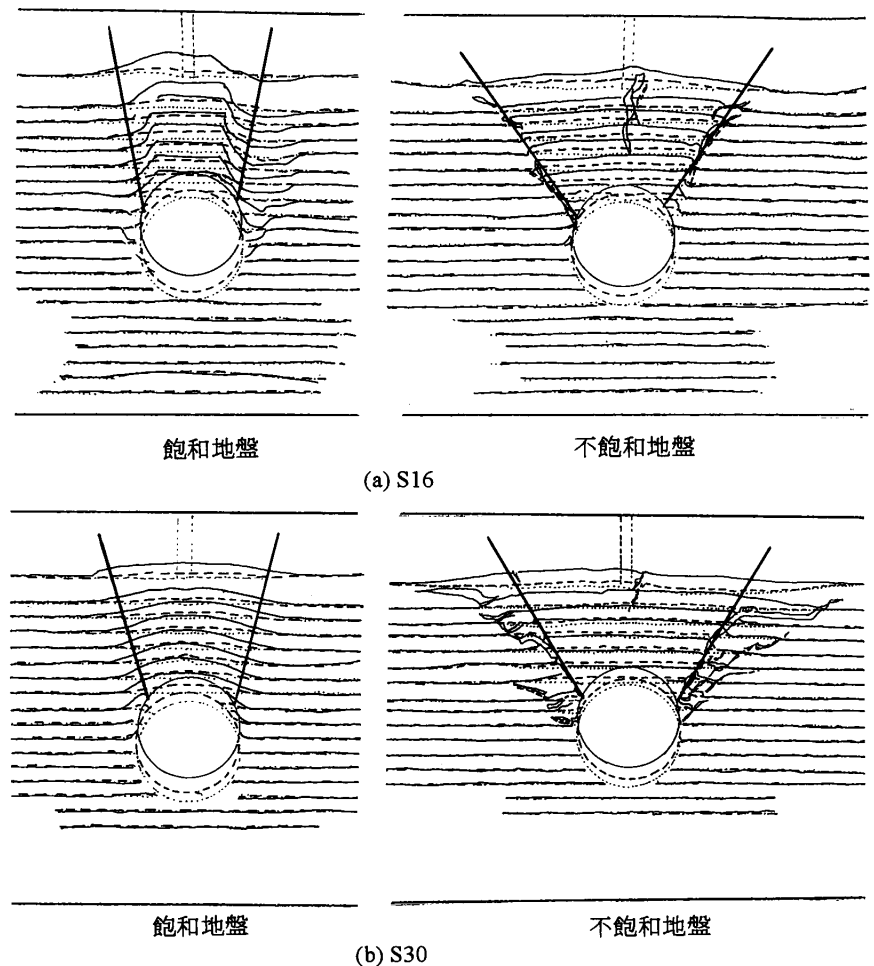


図-5 管の引上げに伴って生じた地盤変形($H/D=1.1$)

引上げ抵抗力の予測モデル 図-6に予測モデルを示す。管から斜線を施した土塊に伝達される力 P が、水平と ϕ だけ傾くと仮定すると、滑り面に働く摩擦力 Q (傾き ϕ)と粘着力 C 、ならびに有効土塊重量 W^* とのつり合いから P が決まるので、 P_V^* は P の鉛直成分の2倍と等値して図-6中の式によって求められる。

図-7は、この式によって予測した P_V^* と実験で得られた P_V^* を、全飽和地盤と不飽和地盤の8ケースについて比べている。

S30・全飽和地盤の P_V^* 算定に必要なS30の強度定数は $\phi_d=32^\circ$ 、 $c_d=0\text{tf/m}^2$ と仮定した。 P_V^* の予測、測定両者の値は、飽和地盤、不飽和地盤に関わらず、全ケースとも良く一致している。よって、図-6のモデルは引上げ抵抗の発現メカニズムをかなり正確に表すと考えられる。ただし、 P_V^* の算定に必要なすべり面の角度 α は、現在のところ実験でしか得ることができず、また α が 90° で c がゼロの場合、解が得られない(P の傾きを ϕ でないとすれば一応解は得られるが、この P の傾きをどう決めるかが不明)などの点に考慮の余地がある。

結論 遠心実験の結果から、浅埋設される大口径管の浮上抵抗力は、すべり面で発揮されるせん断抵抗によって、飽和地盤の場合でも管直上の有効土塊重量の1.8～3.7倍となることが分かった。したがって、すべり面で発揮されるせん断抵抗を無視し、管直上の有効土塊重量を用いて浮上安全率を求める慣用計算法は実際よりも過大な安全率を算出すると結論される。さらに、今回の飽和地盤のようにすべり面の傾き α が大きい場合、通常の斜面安定計算法を適用すると、すべり面の抵抗が極めて小さく算定されるため、 P_V^* は測定値よりもはるかに小さくなるが、図-6に示したクーロン流のモデルによれば、測定結果にかなり近い P_V^* を予測できることが分かった。

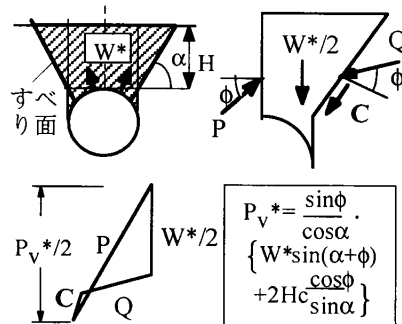


図-6 予測モデルと力のつりあい

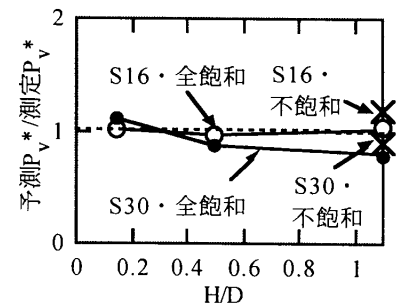


図-7 予測 P_V^* と測定 P_V^* の比較