

フイックサンド現象に関する一模型実験

高松高専 正 ○ 春本 繁
高松高専 井下 香
徳島大学工学部 正 山上 拓男

1. まえがき： 筆者らは従来より土と水の相互作用問題の弾塑性数値解析法を確立すべく、その第一段階として、破壊に到る過程を最も明確にとらえ得る砂地盤のフイックサンド現象を対象として、模型実験、非連成解析および連成解析を試み、種々の角度から検討を加えてきた。しかしながら、現時点で満足しうる結論は得られていない。すなわち数値解析によって予測される破壊域の出現時期が実現象に比して著しく早いこと、また破壊域がやはり実現象とはかけ離れた位置に出現しうること、などである。こうした実験と数値解析のずれの原因にはいくつかの可能性が考えられるが、ここでは矢板先端の形状に注目した。浸透、応力・変形問題にかかわらず矢板先端は特異点となる。特に応力変形解析に際して、最も変位が大きいにもかかわらず、矢板先端部は変位固定条件のもとに解かざるをえない。この事実が上記ずれの要因になり得るとの推測のもとに、本報告は特異点の存在を解消すべく新たに作製した特殊模型実験装置を用いて行った一連の研究のうち、特に実験結果について述べたものである。

2. 実験方法 (1) 実験装置： 模型実験は、図-1に示す長さ121.6cm、高さ60cm、幅20cmの鋸製型木槽内に設けられた特殊矢板廻りの流れである。特異点を解消すべく作製された特殊矢板は、矢板先端の形状を半円形にしたものである。その断面寸法は、矢板厚さ21.6cm、先端半円部半径10.8cmである。また、矢板と地盤の接触面で摩擦抵抗が生じない場合を想定し矢板表面は摩擦を少なくするために滑らかに仕上げている。破壊に到る過程を観察するため、前面は透明の塩化ビニール板とした。なお、実験中の水位差は、上下流部の側面に設置したマノメーターにより測定した。さらに、上流側については水圧計による水位計測も行った。

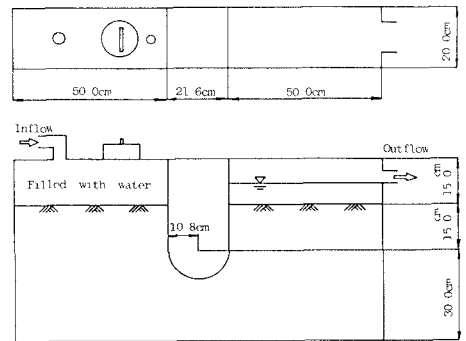
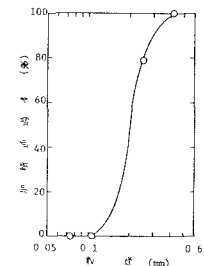


図-1 模型実験装置

表-1 試料の物理定数

比 重	G_s	2.659
最大粒径	D_{max} (mm)	0.420
最小粒径	D_{min} (mm)	0.074
有効径	D_{10} (mm)	0.140
均等係数	U_c	1.536
最大間隙比	e_{max}	0.990
最小間隙比	e_{min}	0.627



(2) 実験試料： 地盤材料に用いた試料は、豊浦標準砂の840μフルイを通過し、74μフルイに残留するものを十分水洗いしたものである。試料の粒径加積曲線を図-2に、その物理定数を表-1に示す。模型地盤は均質で一様な地盤を想定している。一様な地盤を作製するため、2通りの方法を採用した。1つは99重フルイによる方法、いま1つは振動台による方法である。99重フルイによる方法は、一定の口径のノズルから試料を99重に重ねられたフルイに落下させ、そのフルイを通して試料を十分に分散させることにより一様な地盤を作製するものである。本実験で用いたノズルの口径は10mmである。また、地盤の変形性状を観察する目的で、水槽前面に接する部分に地盤と同じ材料よりなる着色砂をほぼ5cm間隔ごとに水平に敷設した。この場合の間隙比は $e=0.64$ 程度である。振動台による方法は、まず実験装置を振動台に取り付け、試料を模型木槽内に入れる。準備が完了すると、ある一定周期の振動を模型地盤に与え、地盤を一様化するものである。ここでは、周期10Hzで約120分間振動を与えた。この場合の間隙比は $e=0.82$ であった。この方法では、着色砂の使用が不可能となり、地盤の変形性状の観察が困難である。模型地盤が作製されると、

次は地盤を飽和状態にすることである。水中に含まれる空気を除去する目的で地盤材料と同じ豊浦標準砂を通過した水道水を、水槽の底部に設置した2ヶ所の注水口より徐々に注入し、ゆっくりと水位を上昇させ地盤を飽和状態にした。

(3) 測定方法： 下流側水位を越流によりほぼ一定に保ち、上流側水位を60cm程度までは5‰から4‰、それ以後は2‰から1‰のほぼ一定速度で上昇させつつ破壊に至る過程の地盤の変形性状および流量を逐次測定した。供給水は、もちろん標準砂を通過した水道水である。

3. 実験結果および考察： 各実験 (No 1～No 3) の初期間隙比 (e_0)、理論上の限界動水勾配 ($I_c = \frac{G_s - 1}{1 + e}$)、地盤が急激に変形した時点の上下流側水位差 (H_f) および透水係数 (k) を表-2に示した。ただし、透水係数は流線網の図式解法より決定したものである。図-3に水位差増大に伴う流量の変化を示した。どのケースも破壊直前まで流量は水位差とほぼ直線関係にあることが認められる。前報においても同様な結果を得ている。これらより、矢板形状にかかわらず地盤全体の透水性は、破壊直前まであまり変化しないといえる。図-4にNo 1の上下流側水位差 $H = 106.3\text{cm}$ 、図-5にNo 3の上下流側水位差 $H = 95.1\text{cm}$ における地盤地表面の変位を示した。両図より、下流側矢板付近の変形性状にすこし違いが見られる。これは、矢板と地盤の接触面での摩擦効果の差によるものと思われる。図-6は、フイックサンド現象が生じた際の破壊面の形状の一例である。上流側の破壊域は、破壊幅がほぼ一定で柱状をなしているが、下流側の破壊域は矢板直下より地表面に向かって破壊幅が拡がり限界動水勾配説の前提条件となっているような理想的な柱状でないことは明らかである。以上より、特異点を解消すべく矢板先端を半円形に変えても地盤の変形性状、破壊域および透水性について従来の知見と余り違いが見られなかった。

4. むすび： 模型実験による実現象と数値解析による予測のずれの原因はいくつか考えられる。本報告は、矢板先端に存在する特異点に注目し、その存在が実現象と予測のずれの一因であろうとの推測のもとに、新たに作製した特殊矢板による模型実験を行い、フイックサンド現象に至る過程を観察した。その結果、矢板先端形状を変えてもフイックサンド現象に矢板形状による違いがあまり見られなかった。今後、この特殊模型装置を用いてノズルの口径を変えて作製した地盤、矢板表面に摩擦抵抗を有する場合などの実験も試みる予定である。なお、連成および非連成解法による数値解析についても目下検討中である。

表-2 模型実験結果

No	e_0	I_c	H_f (cm)	k (cm/s)	作製方法
1	0.634	1.015	109.8	0.0132	多重フイ
2	0.641	1.011	109.2	0.0166	多重フイ
3	0.820	0.912	97.1	0.0242	振動台

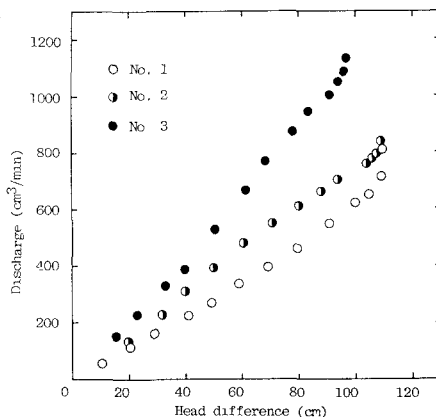


図-3 水位差増大に伴う流量変化

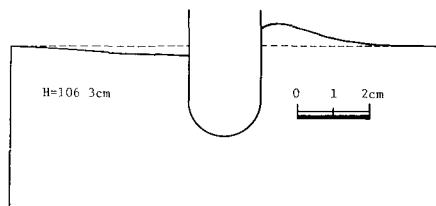


図-4 地表面の変位図 (No.1)

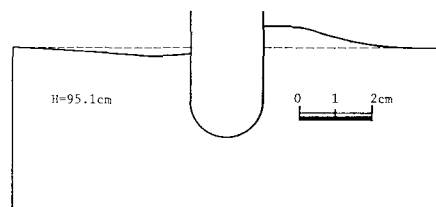


図-5 地表面の変位図 (No 3)

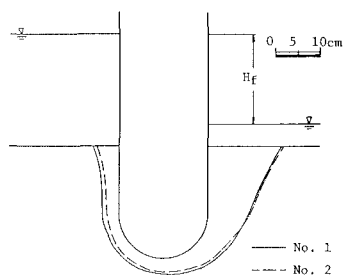


図-6 破壊面の形状

〔参考文献〕： 1) 山上滝：第15回土質工学研究発表会 p.1133～1136

2) 山上春本滝：第18回土質工学研究発表会 p.1323～1324, 3) 春本・山上：第20回土質工学研究発表会 p.1491～1492,