

浸透水による地盤の進行性破壊に関する実験

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
 岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 学生員 ○早瀬宏文
 浅沼組(株) 正会員 上田 保

1. まえがき

近年、洪水時における堤防の崩壊や、湧水を伴う掘削地の崩壊などの浸透水による地盤災害や事故例が数多く報告されている。このような浸透水による地盤や土構造物の破壊現象には、すべり破壊のように全体破壊が瞬時に起こる場合と、部分破壊から全体破壊へと至るいわゆる進行性破壊とがある。前者は、浸透水を考慮した円弧すべり法などにより解析されるが、後者については研究例が極めて少なく、その実態は不明といわざるを得ない。

本研究では、浸透水による地盤の進行性破壊の現象を、鉛直及び水平二次元土槽モデル実験装置を用いて実験的に考察した。

2. 試料及び実験装置

実験に用いた試料は岡山市内から採取したマサ土(砂分96%, シルト分2%, 粘土分2%, $G_s 2.64$)及び川砂(砂分99%, シルト分1%, $G_s 2.69$)である。本実験では乾燥密度を変化させた試料について、三軸圧縮試験及び加圧型変水位透水試験を行ない、粘着力、内部摩擦角、透水係数を求めた。これらの結果は表-1に示す。

表-1 試料の物理的性質

試料	乾燥密度 (t/m^3)	透水係数 (cm/s)	粘着力 (kgf/m^2)	内部摩擦角 ($^\circ$)
マサ土	1.4	1.0×10^{-2}	0.008	30.3
	1.5	7.8×10^{-3}	0.010	32.2
	1.6	2.9×10^{-3}	0.016	34.0
川砂	1.5	8.4×10^{-4}	0	34.5
	1.6	8.2×10^{-4}	0	37.6
	1.7	8.0×10^{-4}	0	41.4

実験装置は、長さ150cm、幅80cm、厚さ10cmの鉛直及び水平二次元モデルの土槽であり、破壊の進行状況を観察するため片面はガラス板とした。土槽の上流側は4mまでの水圧をかけることができる貯水タンクに連結しており、下流側は所定の水圧をかけた後でも自由に開閉できる開放口(10cm×10cm)を有している。また、間隙水圧の変化を調べるために土槽底部に合計24個の孔をもうけマノメーターによって測定を行なった。

3. 実験方法

3-1 水平二次元モデル実験

図-1に示すように水平平面内での破壊の進行状況を調べることを目的としたもので、試料の乾燥密度及び動水勾配を変化させて以下のような手順で実験を行なった。

5mm以下に粒度調整した試料を図-2の状態に土槽に投入し、各層10cmごとに厚さ3cmの板をおき、この上からランマーを一定回数落下させることにより均一に締め固める。試料セット後、土槽を図-1の状態にし、上流部の貯水タンクより徐々に通水して試料を飽和させ、この後所定の水圧をかけて全体を安定させる。この状態を初期状態として下流部の開放口を開き破壊を開始させ進行状況を写真及びビデオカメラで撮影する。

3-2 鉛直二次元モデル実験

図-2に示すように鉛直平面内での破壊の進行状況を調べることを目的としたもので、試料セット後、図-2の状態に通水し所定の水圧をかけて破壊させる。

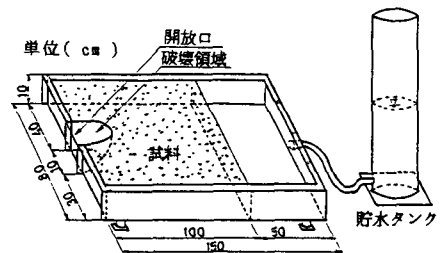


図-1 水平二次元モデル実験装置

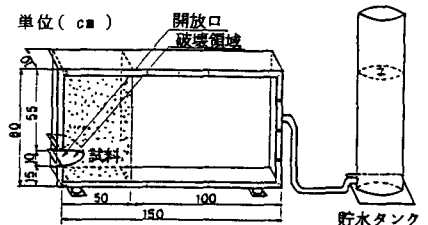


図-2 鉛直二次元モデル実験装置

4. 実験結果及び考察

4-1. 水平二次元モデル実験

実験は試料の乾燥密度及び動水勾配をかえてマサ土で10ケース、川砂で7ケース行なった。これらのうち代表的な破壊の進行状況を図-3、図-4に示す。

図-3は、破壊領域がパイプ状に進行してゆく場合であり、浸出壁面付近の土塊の部分破壊の繰り返しとして進行する特徴を有していた。このような破壊形態はマサ土試料の場合に多く発生した。しかし、本例では、実験開始後3分の状態で破壊の進行が停止し、30分経過後も変化はなかった。

図-4は、破壊領域が扇状に広がってゆく場合であり、初期には浸出壁面付近の土塊の部分破壊として、途中より浸出面上の土粒子の流出として破壊が進行した。このような破壊形態は、川砂試料の場合及びマサ土試料の乾燥密度が低い場合に多く発生した。本例では、実験開始後1分で上流側の土が流動体になり全体破壊に至った。

この他、試料の乾燥密度が低く、動水勾配が大きい場合には、開放口を開くと同時に全体破壊に至るケースが出現した。

4-2. 鉛直二次元モデル実験

実験は水平二次元モデルと同様に、マサ土で7ケース、川砂で2ケース行なったが、代表的な破壊の進行状況を図-5に示す。鉛直二次元モデルの場合も水平二次元モデルと同様に、浸出壁面の土塊の部分破壊の繰り返しにより破壊領域が進行する特徴を有しており、本例では、実験開始後4分30秒で瞬時に上流側につながり、全体破壊に至った。

4-3. 考察

以上の実験から、進行性破壊は浸出壁面の土塊の部分破壊の繰り返しにより進行してゆくことが確認された。すなわち、開放口を開いてもすぐには破壊が進行してゆかない、土塊の部分破壊から次の部分破壊まで時間的遅れを伴う、などの現象が見うけられた。以上より、進行性破壊の機構として次のことが考えられる。

1. 浸出壁面の土塊が破壊することにより、周囲の土は応力が解放されて膨張する。このため、周囲の土の間隙水圧は一時的に減少し、有効応力が増加して安定な状態となる。しかし、時間の経過とともに間隙水圧はもとの状態になり、この膨張した部分が破壊してゆく。以上の繰り返しにより破壊領域が進行してゆき全体破壊へ至る。

2. 浸出壁面の土は、浸透水による細粒分の流失のために粘着力が低下し、部分破壊を起こす。これにより新たな浸出壁面が形成されるが、細粒分が流失していないため安定な状態を保っている。しかし、時間の経過とともに細粒分が流失してゆき、同様に部分破壊を起こす。以上の繰り返しにより破壊領域が進行してゆき、全体破壊に至る。

5. あとがき

本実験では、浸透水による地盤の進行性破壊の進行状況を観察するにとどまり、現象及びメカニズムに対する十分な考察が行えなかった。今後は、間隙水圧の変化、細粒分の流失、限界動水勾配などについて詳細な実験を行ない、理論的な考察を加えて進行性破壊のメカニズムを明らかにしてゆきたい。

〔参考文献〕1)河野伊一郎、西垣誠；室内透水試験法に関する2、3の考察；土質工学会論文報告集Vol.22

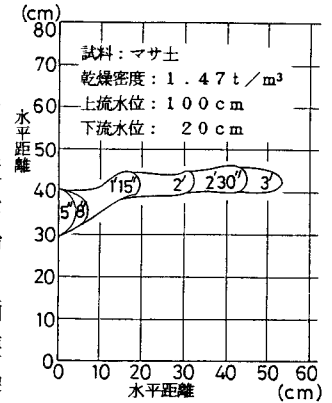


図-3 水平二次元モデル

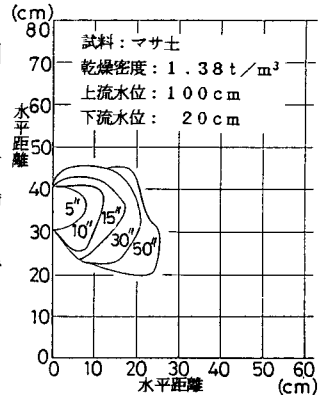


図-4 水平二次元モデル

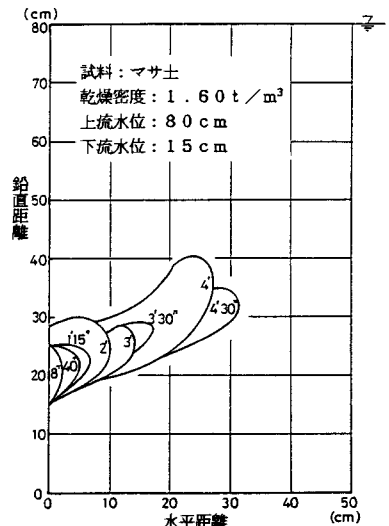


図-5 鉛直二次元モデル