

地表面における非定常浸透による 簡易現場透水試験方法（案）

令和5年12月

国立研究開発法人土木研究所
地質・地盤研究グループ土質・振動チーム

はじめに

河川堤防や道路盛土などの土構造物において、河川水位の上昇や降雨などによる盛土内の浸透挙動や浸透に対する安全性を把握することは極めて重要である。

特に河川堤防の場合、膨大な延長を有しており、腹付け・嵩上げ等の築堤履歴が複雑である場合も多く、内部構造は均質でなく土質も様々で不均質な堤防構造が形成される。河川堤防の被災事例の中には、不均質性が影響したと考えられるものが多い。

そのため、不均質性が高く、膨大な延長を有する河川堤防の透水性等を評価するにあたっては、精密であるが、少数しか実施できない調査法よりも、精度が若干劣るものの簡易で多数実施可能な調査法を用いることが有効な場合もあると考えられる。

このような背景を踏まえ、現場で簡易に多点計測可能な“簡易透水試験機”及びこれを用いた“簡易現場透水試験方法”を開発したので、その内容を示す。

— 目 次 —

1. 試験方法の概要.....	1
2. 試験用具.....	2
3. 試験の準備.....	10
4. 試験方法.....	14
5. 結果の整理.....	17
5.1 試験データの整理.....	17
5.2 現場飽和透水係数の算定.....	17
6. 結果の報告.....	20
7. 参考文献.....	22
8. 開発者一覧.....	22

付属資料. A 透水係数早見表

1. 試験方法の概要

簡易現場透水試験方法（以下、本試験方法）は、地表面直下の地盤の局所的な現場飽和透水係数を非定常法によって求めるものである。

ここで「簡易」としている意味は以下の2点である。

・透水係数を求める範囲を「局所的」と限定することで、試験装置を小型化することができ、試験で使用する水の量も抑えることができる。これにより、可搬性が向上し、試験準備と試験に要する時間も短縮できる。

・「非定常法」を採用することにより、定水位浸潤装置が不要となり、自記水位計で計測した水位変化から浸透流量を計測することが可能となる。これにより、試験中に実施すべきは注水のみとなり、多点計測が可能となる。

また、参考にした基準である「地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法」（JGS1319-2017）¹⁾と本試験方法を比較すると表 1 のとおりとなる。

表 1 試験方法の比較

	本試験方法	JGS1319-2017
得られる試験結果	現場飽和透水係数	
試験対象	地下水位より上の地盤	
	地表面直下	地表面直下、地中
浸潤方法 (装置)	変水位 (定水位浸潤装置が不要)	定水位 (定水位浸潤装置が必要)
計測方法	自記水位計	目視、差圧計

2. 試験用具

試験用具には以下のものがある。

- (1) 試験機本体
- (2) 外円筒
- (3) 不織布
- (4) 自記水位計
- (5) 自記水位計用止め金具
- (6) 注水用具
- (7) 止水材
- (8) 試験面整形用具（スコップ、水準器、ねじり鎌など）
- (9) 土砂
- (10) 清水
- (11) 水温計

基本となる試験用具を列挙したものである。図 1 に主要な試験用具の構成例を示す。また、図 2 及び図 3、表 2、表 3 に試験機本体と外円筒の構造使用例を示す。

なお、ここで示す試験用具（図 1～図 3、表 2、表 3 に示した試験用具の構成と寸法を含む）は本試験方法の検証で使用した試験用具の構成の一例であり、必ずしも同じ試験用具を用いる必要はない。現場条件に応じて、適切な試験用具を用いるものとする。

図に示す構成と寸法は試験用具の構成の一例であり、必ずしも同じ試験用具を用いる必要はない。

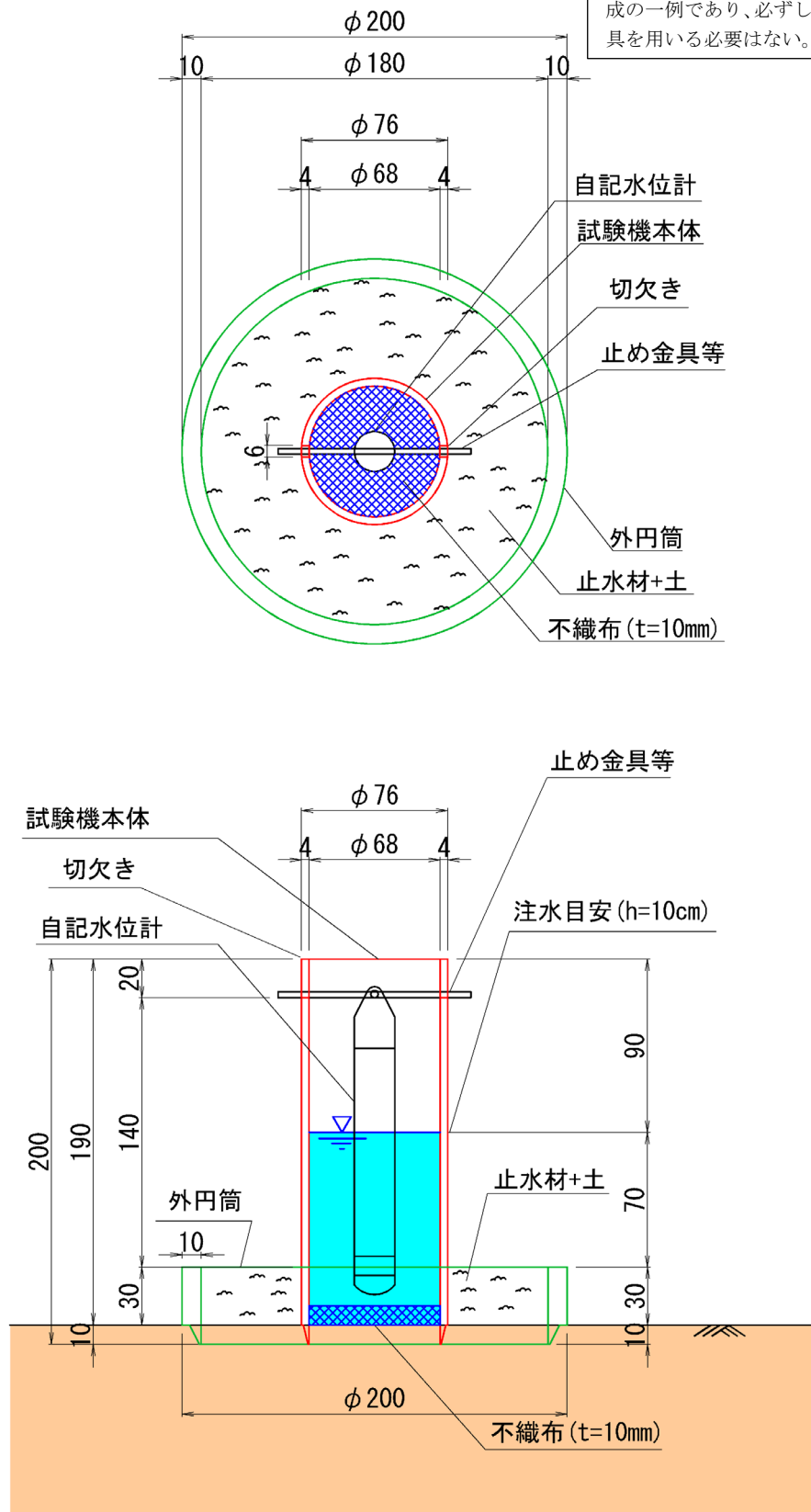


図 1 主要な試験用具の構成例

(1) 試験機本体

内部に水を注水可能かつ自記水位計を内部に設置可能な大きさの円筒状の構造とする。材質は試験機内の水位が観察できるように透明塩ビ管等の透明な材料とする。試験機本体は試験面に貫入を行うため、下端は地盤貫入用にエッジ加工を行う。

また、試験機本体の上部には自記水位計用止め金具設置用の切欠きを設ける。透明塩ビ管には注水目安の目盛線として、下端から注水する高さまで等間隔で外面側に溝加工を行う。試験対象の透水係数が小さいと、水位低下に時間がかかり、大気圧補正が上手くできない場合がある。このような目視で水位変化を記録せざるを得ない場合に備え、1mm 単位で判読可能な目盛を 1 箇所設ける。

図 2 に試験機本体の構造仕様例を示す。また、図 2 に示した構造仕様例における寸法等の設定理由を表 2 に示す。なお、図 2、表 2 に示した構造仕様は本試験方法の検証を行う上で使用した試験用具の一例であり、構造や寸法は必ずしも同じとする必要はない。

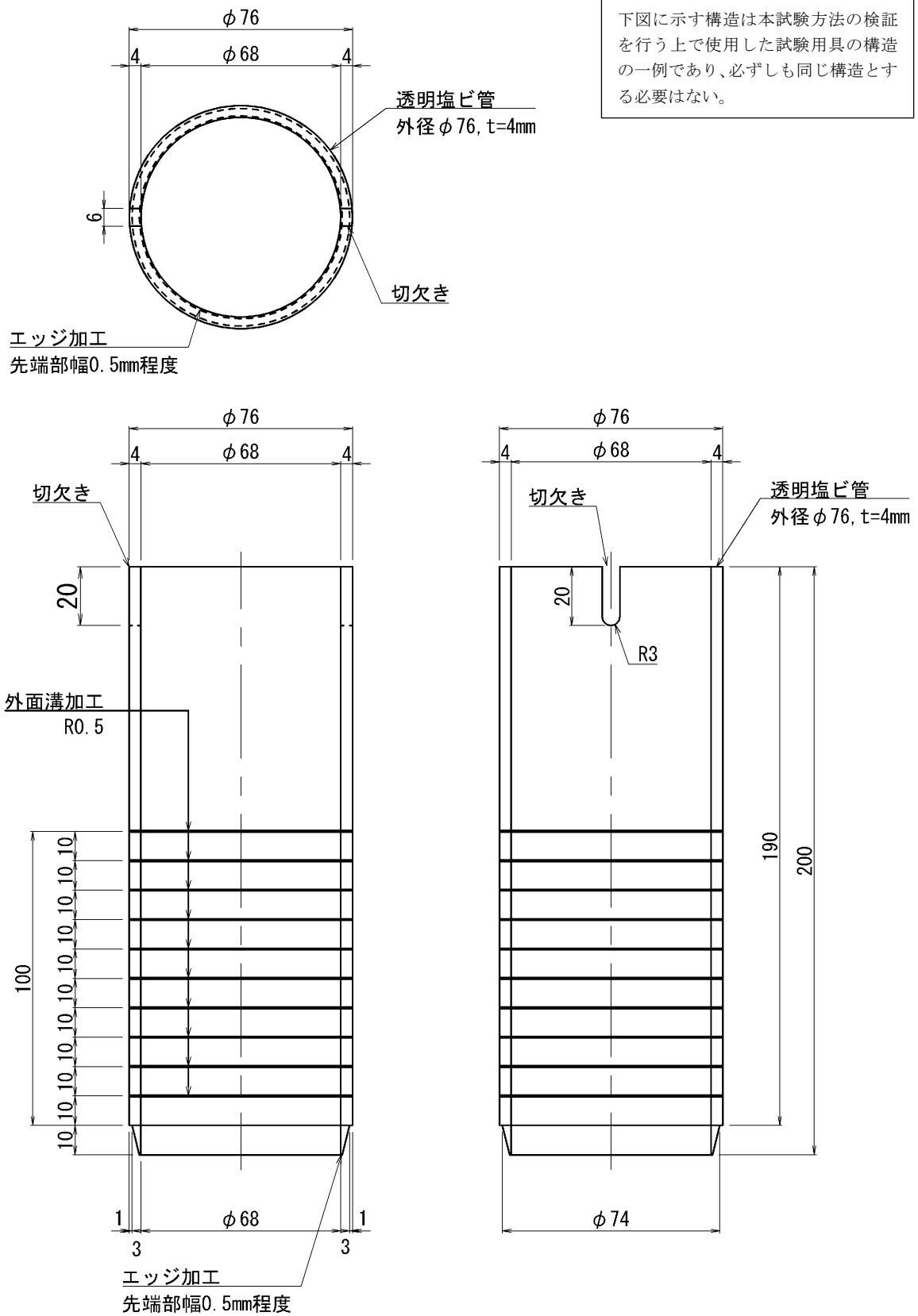


図 2 試験機本体の構造仕様例

表 2 試験機本体の構造仕様の設定例

試験用具	分類	項目	本マニュアル案で例示した諸元	理由・目的・補足説明等	
試験機本体	寸法	内径	68mm	小型かつ自記水位計を試験機本体内側に設置可能な寸法として、使用する塩ビ管の規格品の内径より設定。自記水位計の形状によってはこの寸法によらない	
		長さ	200mm	例として本マニュアル案で使用した自記水位計の長さが160mmであり、自記水位計を試験機本体に固定した際になるべく地表面に近い位置となる長さとして200mmに設定した。自記水位計の形状および固定方法によっては、この寸法によらない	
		板厚	4mm	使用する塩ビ管の規格。試験機本体を地中に貫入する際などに変形しない程度の剛性を確保できる板厚とすればよい	
	使用材料	材質	塩ビ管	軽量で加工が容易な材料を用いる	
		色	透明	試験機の設置時や注水時に試験機本体内部の状況が目視できるように透明な材料を用いる	
	その他仕様	先端部形状	加工方法	エッジ加工	試験機本体を地中に貫入しやすくするために、先端部はエッジ加工とすることが望ましい
			高さ	10mm	人力で容易に貫入可能な深さとして、エッジ加工の高さは10mmとした
			上面幅	1mm	地中への貫入量が変わると、透水係数の算出式中の貫入深さdのパラメータを変更する必要があるため、想定した10mmよりも過剰な貫入量とならないように、エッジ加工の上面側には1mmの平らな面を設けた
		注水目安	加工方法	外面溝加工	注水時の目安として、試験機本体外面側に目盛を設ける。汚れや摩耗が生じて判読しやすいように溝加工とした
			高さ	100mm	注水高さを最大100mmとしているため、100mmの高さまで溝加工を設ける
			ピッチ	10mm	試験中の水位状況の目安として、10mm間隔で水位の低下状況を確認できるように設定した
		水位目盛	高さ	100mm	試験対象の透水係数が小さいと、水位低下に時間がかかり、自記水位計による計測が上手くできない場合があり、その場合は水位低下を目視で計測する必要がある。そのような場合に備えて、下端から100mmの高さまで目盛を設けることが望ましい
			目盛間隔	1mm	目視による水位変化を記録する際には、mm単位で読取りを行うため、1mm間隔で判読可能な目盛とする
		水位計固定部	加工方法	切欠き	自記水位計の固定のため、試験機本体に留め金具を固定するための切欠きを設けることが望ましい。自記水位計を他の方法によって固定する場合は不要である
			形状	切欠き高さ20mm	例として本マニュアル案で使用した自記水位計の長さより設定。自記水位計の形状および固定方法によっては、この寸法によらない

(2) 外円筒

試験中の試験機周辺地盤のパイピングを防止するため、試験機本体の外側の地盤に貫入して設置する。寸法は、試験機本体よりも大きいサイズとして、材質はアクリル管等を用いる。下端部は地盤貫入用にエッジ加工を行う。止水材の敷設目安として、試験機の内面に等間隔で溝加工を行う。

図 3 に外円筒の仕様を示す。また、図 3 に示した構造仕様例における寸法等の設定理由を表 3 に示す。なお、図 3、表 3 に示した構造仕様は本試験方法の検証を行う上で使用した試験用具の一例であり、必ずしも同じ構造とする必要はない。

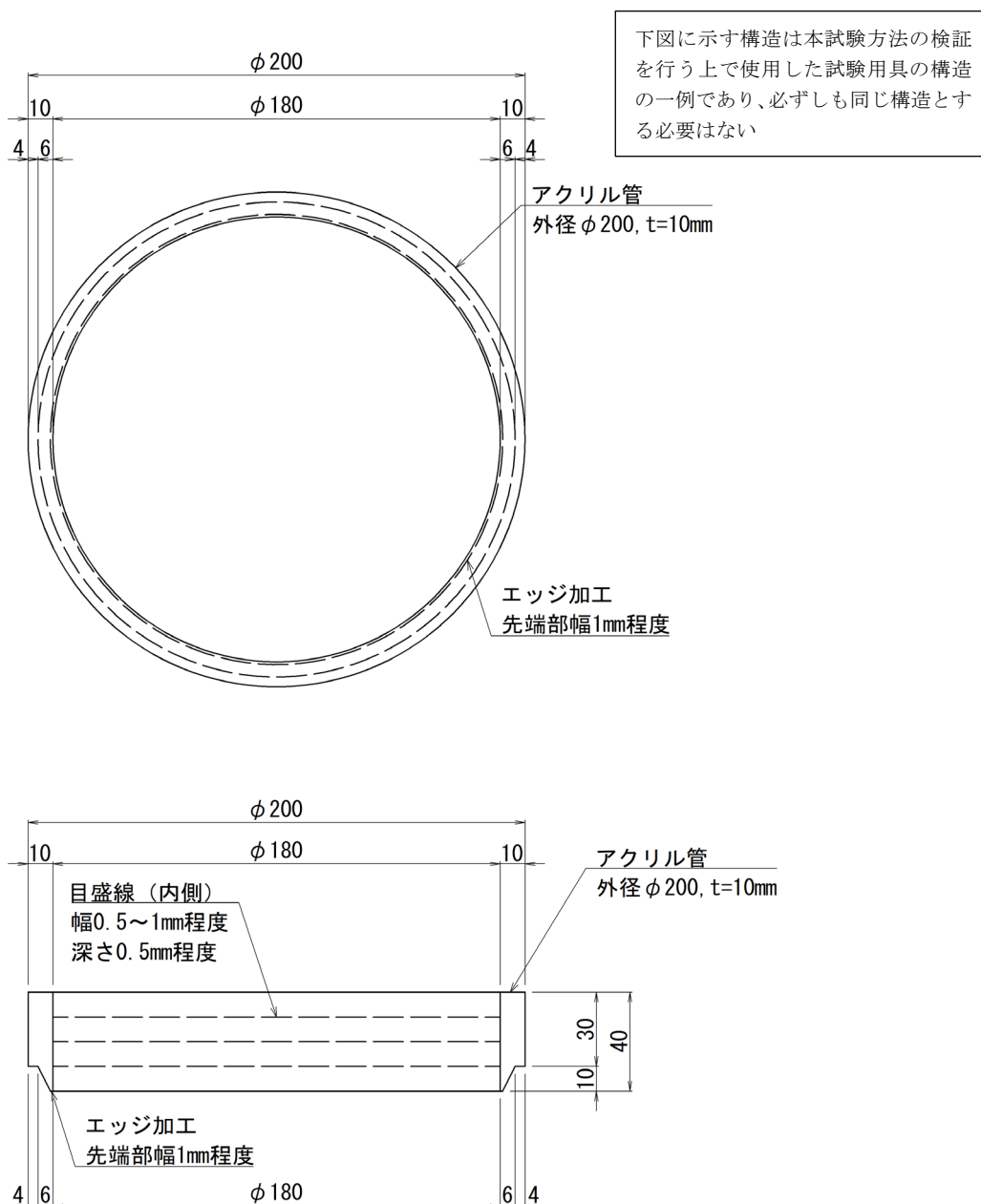


図 3 外円筒 構造仕様例

表 3 外円筒の構造仕様の設定例

試験用具	分類	項目	本マニュアル案で例示する諸元	理由・目的・補足説明等	
外円筒	寸法	外径	200mm	試験機本体を内側に設置可能かつ、注水時の周辺地盤のパイピングを防止するために、ある程度大きな外径として、φ200mm に設定	
		長さ	40mm	止水材および土砂の充填の高さとして 30mm、先端部のエッジ加工の高さ 10mm を合計して 40mm の高さに設定	
		板厚	10mm	使用するアクリル管の規格より決定。外円筒を地中に貫入する際に変形しない程度の剛性を確保できる板厚とすればよい	
	使用材料	材質	アクリル管	軽量で加工が容易な材料を用いる	
		色	透明	必ずしも透明である必要はない	
	その他仕様	先端部形状	加工方法	エッジ加工	外円筒の固定およびパイピング防止のために外円筒を地中に貫入させる。地中に貫入しやすくするために、先端部はエッジ加工とすることが望ましい
			高さ	10mm	人力での地中への貫入が容易に可能な深さとして、エッジ加工の高さは 10mm とした
			上面幅	4mm	過剰な貫入量とならないように、エッジ加工の上面側には 4mm の平らな面を設けた
		止水材充填目安	加工方法	内面溝加工	止水材充填時の目安として、外円筒内面側に目盛を設ける。汚れや摩耗が生じて判読しやすいように溝加工とした
			ピッチ	10mm	止水材充填高さは 10mm を標準としているため、10mm 間隔で内面の溝加工を行った

(3) 不織布

注水時の洗掘防止を目的として、試験機本体内側の試験面直上に設置する。寸法は試験機本体の内径と同一として、厚さは $t=10\text{mm}$ 程度とする。材質は親水処理が施された不織布とする。

(4) 自記水位計

試験機本体内部の水位変動を計測するために、試験機本体内部に設置可能な小型の自記水位計を用いる。絶対圧式の自記水位計を用いる場合は、大気圧補正のための大気圧計も合わせて使用する。大気圧は試験箇所近傍で計測することが望ましい。

一般的には、絶対圧式の自記水位計の利用が便利だと思われるが、例えば、試験機本体の下端付近に水圧計を固定するなどの方法で自動計測することも考えられる。

(5) 自記水位計用止め金具

自記水位計を試験機本体に固定するための金具。Φ6mm、長さ L=100mm 程度の棒。自記水位計の設置高が固定できれば良いため、寸法・形状はこれに依らなくても良い。予め、試験機本体下端から自記水位計の計測高さまでの高低差を計測・記録しておく。

(6) 注水用具

外円筒内に設置した止水材への吸水及び、試験時に試験機本体内側に注水をするための用具。止水材への吸水時には、注水の衝撃によって、注水箇所止水材や止水材下部の地盤が部分的に掘れないように、じょうろのような用具を用いることが望ましい。試験機本体内側への注水時には、試験機本体の下端から 100mm の高さに合わせて調整しながら注水できるように、ビーカー等の用具を用いると良い。

(7) 止水材

試験中の試験機周辺のパイピングを防止するため、ベントナイト等を用いる。ベントナイトを主な成分とする猫砂で十分である。

(8) 試験面整正用具

試験機本体を設置可能な水平かつ平坦な試験面を整正するための用具。不陸が大きい場合には、スコップ等で大まかな平場を作り、水準器で大まかに水平を確認しながら、ねじり鎌等で整正するとよい。試験面の水平精度にそれほど拘る必要はなく、外円筒や試験機本体を水平面に対して概ね垂直に設置できる程度であれば十分である。

(9) 土砂

パイピングを防止するために止水材の上部に充填する土砂。試験面の整正の過程で生じた掘削土砂など、試験箇所周辺の地盤の土砂を用いれば十分である。

(10) 清水

ベントナイトの吸水や透水試験に用いるきれいな水。多少の濁りは問題ないが、不織布の目詰まりが懸念されるような水は使用しない。

(11) 温度計

試験に用いる水の温度が測定できるもの。自記水位計で試験中の水温を計測できる場合は不要である。

3. 試験の準備

- (1) 自記水位計の計測設定を行う。地盤の透水係数に応じて、計測時間が異なるため、使用する自記水位計の仕様と想定される計測時間から時間間隔を調整すると良い(計測時間の目安は付属資料 A の透水係数早見表を参照)。
- (2) 不織布を水につけておく。
- (3) スコップ、水準器、ねじり鎌などを用いて水平かつ平坦な試験面を整正する。試験面の水平にはそこまで拘る必要はなく、大きな不陸・傾斜が生じない程度に整正を行う。試験の目的にもよるが、透水係数の不均質性を把握したり、局所的ではない透水係数を推定したりするには、試験箇所毎に 3～5 点の試験面を作ることを標準とする。
- (4) 試験面に外円筒と試験機本体の下端のエッジ部を貫入して配置する。パイピング防止の観点より、試験機本体は外円筒の概ね中心に配置すること。その際に、水準器等を用いて外円筒と試験機本体が水平面に対して概ね垂直に設置できていることを確認する。なお、地盤が礫質土でエッジ部の貫入が困難な場合は、可能な分だけ貫入し、試験機本体の平均的な貫入量を計測・記録する。
- (5) 試験機本体内部に、水から取り出し軽く絞った不織布を設置する。試験面と不織布の間に隙間がある場合には、棒等を用いて不織布を上から軽く押さえつけ試験面に密着させる。
- (6) 漏水防止のため、外円筒と試験機本体の間を止水材(下側)および土砂(上側)で充填する。止水材は厚さ 10mm 程度敷設し、じょうろ等の用具を用いて止水材に十分に吸水させた上で、止水材の粒が目立たなくなるまで表面を押し固める。その上に、土砂を投入する。土砂は外円筒の上側に盛り上がりも良いが、地盤の透水性が低い場合に目盛を用いて目視で水位を計測する必要があるため、透水性が低いと予想される場合には目盛が判読可能となる程度の高さに抑えることが望ましい。土砂で充填を行う理由は試験面と止水材の接触を改善する重りとするためであり、使用する土砂材料は(3)の工程で発生した掘削土など、周辺地盤の土砂を用いれば十分である。
- (7) 試験機本体内部に止め金具を用いて自記水位計を設置する。なお、大気圧補正を行う場合、大気圧計についても、計測箇所の近傍に設置することが望ましい。

図 4～図 6 に試験準備時の作業状況を示す。なお、多少の降雨であれば、試験機本体内部に降雨が入らないようにすれば、試験の実施は可能であるが、地表面に水溜まりができるような状況においては、日を改めて再試験を行うことが望ましい。



(2) : 不織布を水につけている状況



(3) : 試験面の整正状況

- ・ スコップ、水準器、ねじり鎌などを用いて水平かつ平坦な試験面を整正する
- ・ 試験面の水平にはそこまで拘る必要はなく、大きな不陸・傾斜が生じない程度に整正を行う



(4) : 試験機本体および外円筒の設置状況

- ・ 試験機本体および外円筒を地盤に貫入させて設置する
- ・ パイピング防止の観点より、試験機本体は外円筒の概ね中心に配置する
- ・ 水準器等を用いて外円筒と試験機本体が水平面に対して概ね垂直に設置できていることを確認する

図 4 試験準備時の状況 (1)



(5)：不織布の設置状況

- ・ 試験機本体内部に、水から取り出し軽く絞った不織布を設置する。試験面と不織布の間に隙間がある場合には、棒等を用いて試験面と不織布を密着させる



(6) -1：止水材の敷設状況

- ・ 試験面から 10mm 程度の厚さで止水材を敷設する
- ・ 写真の事例では止水材としてベントナイトを主成分とする猫砂を使用している



(6) -2：止水材への吸水・押し固めの状況

- ・ じょうろ等の用具を用いて止水材に十分に吸水を行った後、止水材の粒が目立たなくなるまで表面を押し固める

図 5 試験準備時の状況 (2)



(6) -3: 止水材への吸水・押し固めの完了時の状況



(6) -4: 土砂充填完了時の状況

- ・ 止水材の押し固め完了後に、止水材上部の外円筒内側に土砂を充填する
- ・ 土砂は外円筒より上側に盛り上がり上がっても良いが、地盤の透水性が低い場合は目盛を用いて目視で水位を計測する必要があるため、透水性が低いと予想される場合には目盛が判読可能となる程度の高さに抑えることが望ましい



(7): 自記水位計の設置状況

- ・ 試験機本体内部に止め金具を用いて自記水位計を設置する

図 6 試験準備時の状況 (3)

4. 試験方法

- (1) 水位高さ 100mm 程度まで試験機本体内部に注水する。水位変化を自記水位計で記録する。注水時に底面に衝撃を与えないように、なるべく自記水位計や試験機本体内側に沿わせて注水することが望ましい。
- (2) 試験機本体内部の水位が自記水位計の計測高さ付近まで低下してきたら、水位高さ 100mm 程度まで試験機本体内部に注水する。この手順を 5 回程度繰り返す。
- (3) 試験機本体内部の水位低下が緩慢な場合には、目視による読み取りを行い、水位の経時的な変化を記録する。目視による読取りは最低 3 点、できれば 5 点の読み取りを行う。

これまでの試験結果から、注水回毎の水位低下速度を比較すると、注水回数が多くなるにつれて、徐々に水位低下速度が低下する（水位低下しにくくなる）傾向が得られている。2 回目以降の注水でも水位低下速度がほぼ変わらない場合もあれば、ただらと変化する場合もあるが、5 回も繰り返し注水を実施すれば、これ以降に透水係数が何倍も変わることはなかったため、5 回繰り返すことを基本とした。透水係数が低く、繰り返しの注水が現実的でない場合には、適宜回数を減らしてよい。

また、試験機本体内部の水が完全に無くなってしまうと、試験面が不飽和化し、透水係数を求める式の前条件となる理想的な現場飽和状態が崩れてしまう恐れがある。そのため、試験機本体内部の水位が自記水位計の計測高さより低下した時点で注水を行うなどして、なるべく完全に水が無くなる前に注水を行うことが望ましい。

本試験方法については、試験機本体に注水した水位の低下速度より浸透流量を計算して、現場飽和透水係数を算出している。水位低下速度の誤差の要因としては、計測機器に係る誤差と、地中への浸透以外の水位変化（蒸発による水位の低下、水温変化による水の体積変化）が考えられる。

これらの誤差の内、最も影響が大きいのは自記水位計の計測誤差（大気圧補正に伴う誤差や温度変化による計測値の変動）であり、経験的には、 $1.0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ よりも透水係数が低い場合に自記水位計で適切な水位低下速度が計測できない場合がある。このような場合には、目視により水位を読み取り、水位の経時的な変化を記録する。水位の読み取りは mm 単位で行うが、目読みによる観測誤差が考えられるため、前回の読み取りから水位が 2mm 以上低下した状態で次の読み取りを行う。このような方法で、経時的な水位変化を最低 3 点、できれば 5 点の読み取りを行う。

目視による水位の読み取りを行う場合、計測時間が長くなりすぎると蒸発や水温変化による水の体積変化による誤差の影響が大きくなる傾向にある。蒸発による水位低下の影響は、気象条件にもよるが一日の蒸発量を最大 8mm/day 程度と仮定すると、蒸発量を含んで算出した透水係数が $2.0 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ の時に、蒸発量を含む透水係数／蒸発量の影響を控除した透水係数の比率が約 2.5 倍程度となる。透水係数が大きくなるほど、この誤差の影響は小さくなり、蒸発量を含んで算出した透水係数が $1.0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ の時には、この比率が約 1.2 倍程度となる。水温の変化による水位の変動の影響は蒸発による影響よりもさらに小さく、注水時の水温 40℃から水位計測時の水温が

10℃まで低下したと仮定しても、温度変化込みで算出した透水係数が $2.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ の時には、温度変化込みの透水係数／温度変化の影響を控除した透水係数の比率が約 1.1 倍程度となる。

以上の誤差の影響を考えると、目視によって水位低下を計測する方法で計測可能な透水係数の範囲は $2.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ (4 時間で水位変化が 2mm) 程度である。一方で、現場での作業性を考えると、1 時間経過しても水位変化が 2mm 未満の場合 ($1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$ よりも透水係数が低い場合) は、本試験方法は現実的ではないため、別の試験方法の実施を検討すべきである。

表 4 に透水係数ごとの水位低下時間および水位計測方法 (適用範囲) の目安を示す。

表 4 透水係数ごとの水位低下時間および水位計測方法 (適用範囲) の目安

透水係数 (m/s)	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}
水位低下 50mm の時 間目安(※)	96 時間 (2mm/ 8 時間)	19.6 時間 (2mm/ 0.8 時間)	118 分	11.8 分	70 秒	7 秒	0.7 秒
水位の計測 方法 (本試験法の 適用範囲)	適用不可 (計測時間が長 く、誤差の影響が 大きくなるため)	目視による計測 ($1.0 \times 10^{-6} \text{m/s} \sim$ $2.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$)	自記水位計による水位の計測			適用不可 (計測時間が短く、 自記水位計で計測困難)	

※地中への貫入量 10mm、水位 10cm~5cm の水位低下 50mm と仮定して計算した透水係数に対応する水位低下時間 (巻末資料 A 参照)

図 7 に試験時の作業状況を示す。



(1) 試験機本体への注水状況

- 水位高さ 100mm 程度まで試験機本体内部に注水して、水位変化を自記水位計で記録する
- 注水時に底面に衝撃を与えないように、なるべく自記水位計や試験機本体内側に沿わせて注水することが望ましい



(2) 試験機本体への再注水状況

- 試験機本体内部の水位が自記水位計の計測高さ付近まで低下してきたら、水位高さ 100mm 程度まで試験機本体内部に注水する。この手順を 5 回程度繰り返す
- 試験面が不飽和化しないように、試験機本体内部の水位が自記水位計の計測高さより低下した時点で注水を行うなどして、なるべく完全に水が無くなる前に注水を行うことが望ましい



(3) 目視による水位読取り状況

- 試験機本体内部の水位低下が緩慢な場合には、目視による読み取りを行い、水位の経時的な変化を記録する
- 目視による読み取りは最低 3 点、できれば 5 点の読み取りを行う。

図 7 試験時の作業状況

5. 結果の整理

5.1 試験データの整理

縦軸に試験機本体内部の水位 H をとり、横軸に時間 t をとって、自記水位計による測定値をプロットし、 $H-t$ 図を作成する。最後の注水による $H-t$ 関係の直線部から傾き（水位低下速度 S ）と水位の平均値 \bar{h} を求める。

水位低下速度は、特に 1~3 回目の間で変化する場合がある。回数を重ねるごとに水位低下速度が低下傾向となるのが一般的であり、徐々に現場飽和状態に近いあるいはより広い範囲で現場飽和状態になると考えられることから、最後の注水の結果を用いて、水位低下速度を求めることとした。最後の注水で水位低下速度が急増するなど、異常値と判断できる場合には、1 つ前の注水の結果を利用すれば良い。

5.2 現場飽和透水係数の算定

水位低下速度 S と水位の平均値 \bar{h} を式(1)に代入し、現場飽和透水係数 k_{fs} (m/s)を算出する。

$$k_{fs} = \frac{\alpha G Q_s}{r_0 \alpha \bar{h} + r_0 + G \alpha \pi r_0^2} \quad (1)$$

ここに、

Q_s : 湿潤流量（水位低下速度 S × (試験機本体の断面積 - 自記水位計の断面積)） (m³/s)

\bar{h} : 水位の平均値 (m)

r_0 : 試験機本体の半径 (= 試験機本体の内径/2) (m)

α : 土壌パラメータ (表 5 参照。 $\alpha=12$ を基本とする) (m⁻¹)

G : 試験機本体の半径と貫入深さから算定される形状係数 (= $0.316(d/r_0) + 0.184$)

d : 試験機本体の貫入深さ (m)

表 5 土の種類に応じて設定される土壌パラメータ α (m⁻¹)の推奨値の例

埋め立て被覆材やライナーなどの締固められた構造のない粘性材料、湖成または海成堆積土	1
細粒組織（粘性）で非構造的の土	4
非構造的な材料と細砂を含む、粘土からロームまでの大抵の土、および一般の土の最初の選択値	12
粗砂と礫質砂、および大きな亀裂やマクロポアを高度に構造化された土も含む	36

式(1)は、JGS1319-2017 の地表面で実施する場合の正圧で浸潤させる方法で用いられている算出式と同じである。この式は、定水位・定常状態における流量や水頭から透水係数を算出する式

である。本試験方法は1. **試験方法の概要**で示したように変水位試験であるため、流量と水頭の求め方がJGS1319-2017とは異なる。

このため、式(1)の本試験方法への適用性を検証するため、3種類の模擬地盤に対して各種透水試験を実施し、相互比較を行った²⁾³⁾⁴⁾。この結果、本試験方法で得られた透水係数がJGS1319-2017に準拠した試験方法の結果と同程度であったことから、式の適用性及び試験方法に問題はないと考えられる。

図8に現場飽和透水係数の算定例を示す。

6. 結果の報告

次頁に示すデータシートの様式により、試験結果を報告する。

7. 参考文献

- 1) (社)地盤工学会：新規制定地盤工学会基準・同解説 地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法(JGS 1319-2017), 2018
- 2) 田川 央, 石原 雅規：地下水面より上の地盤を対象とした簡易透水試験法の開発, 第8回河川堤防技術シンポジウム, 2020
- 3) 田川 央, 石原 雅規, 佐々木 哲也：地下水面より上の地盤を対象とした簡易透水試験法の検証, 第56回地盤工学研究発表会, 2021
- 4) 上田 和也, 石原 雅規, 佐々木 哲也：地下水面より上の地盤を対象とした簡易透水試験法における地下水位の検証, 第58回地盤工学研究発表会, 2023

8. 開発者一覧

本試験方法の開発に携わった開発者の一覧を表 6 に示す。

表 6 開発者一覧

氏名	従事期間
佐々木 哲也	2018.3～
石原 雅規	2018.3～
富澤 彰仁	2018.3～2019.3
佐々木 亨	2018.3～2019.3
杉山 詠一	2018.4～2021.3
梶取 真一	2019.4～2020.3
田川 央	2019.4～2021.3
青柳 悠大	2020.4～2022.3
上田 和也	2021.4～2023.3
西村 圭右	2021.4～2023.5
丸田 亮	2021.4～
柿原 結香	2022.4～
三浦 裕太	2023.4～
野村 竜也	2023.5～

付属资料.A 透水系数早见表

■ 簡易現場透水試験における透水系数と計測時間の目安

現場飽和透水系数 k_s (m/s)	水位10cm~5cmまでの水位低下に要する時間			貫入量d=0.01cm		
	秒	分	時	秒	分	時
1.00E-02	0.7	0.012		1	0.017	
1.00E-03	7	0.1		5	0.1	
1.00E-04	70	1.2		50	0.8	
1.00E-05	705	11.8	0.2	497	8.3	0.1
1.00E-06	7,047	117.5	2.0	4,965	82.8	1.4
1.00E-07	70,471	1174.5	19.6	49,654	827.6	13.8
1.00E-08	704,707	11745.1	195.8	496,543	8275.7	137.9

■ 簡易現場透水試験 早見表 (現場での透水系数のオーダー確認用)

- ・ 水位10~5cmの水位差5cm、貫入量1cm or 貫入量0.01cmで計測した場合のプロット
- ・ 現場での計測で水位差2cmなど異なる場合は、5cm当たりの計測時間に換算すること
- その他計算条件
 - ・ 平均水位 $h=7.5$ cm (10cm~5cm)、土壌パラメータ $\alpha=12m^{-1}$
 - ・ 試験機本体半径 $r_0=34$ mm、水位計外径 $\phi=22$ mm
- 概略の透水系数 (m/s) ※ 貫入量 $d=1$ cm、水位差 $h=5$ cmの場合
 - ・ 1秒未満 $\Rightarrow 1.0E-02$ 以上
 - ・ 1~7秒未満 $\Rightarrow 1.0E-02 \sim 1.0E-03$
 - ・ 7~70秒未満 $\Rightarrow 1.0E-03 \sim 1.0E-04$
 - ・ 70秒~11.8分未満 $\Rightarrow 1.0E-04 \sim 1.0E-05$
 - ・ 11.8分~2時間未満 $\Rightarrow 1.0E-05 \sim 1.0E-06$
 - ・ 2時間~19.6時間未満 $\Rightarrow 1.0E-06 \sim 1.0E-07$
 - ・ 19.6時間~97.9時間 $\Rightarrow 1.0E-07 \sim 2.0E-08$

※ 透水系数と時間は反比例の関係にある
 ・ 透水系数が2倍なら水位低下に要する時間は1/2倍、透水系数が1/2倍なら時間は2倍となる

簡易現場透水試験 早見表 (水位変化 $h=5$ cm)

