

降雨パターンと不飽和浸透機構を考慮した、乱さないしらすの透水および浸透能

山口大学 正員 村田 秀一 鹿児島高専 ○正員 岡林 巧
山口県 牧之雅彦 東亜道路㈱ 瀬川 良助
東亜道路㈱ 青木 信 東亜道路㈱ 福田 高明

1. まえがき 豪雨時における斜面の安定性の検討は、地中への正確な雨水の浸透特性を明らかにすることによって解明できる。本論文は、不飽和状態での乱さないしらすと乱したしらすに関する雨水の浸透能について述べている。また、地中に浸透する浸透前線の深度を概算する式を与えており、表面流出量を計算により定めている。

2. しらすの物理的特性 図・1は、しらすと標準砂の間隙比と透水係数の関係を示したものである。試験は、試料寸法が高さ15cm、内径10cmの定水位透水試験法により行なった。図・1から判るように、しらすの透水係数は、しらすの間隙比が標準砂とは逆に大きいにもかかわらず、標準砂に比べて比較的小さい。この関係は、乱さないしらすの場合顕著である。これは、水道である間隙が大きく屈曲していることに起因しており、しらす特有のものと考えられる。

3. 浸透に関する基礎理論 Horton が降雨下における不飽和土中への雨水の浸透能の意義の重要性を指摘¹⁾して以来、多くの基礎的研究が各所でなされ、近年になって、不飽和浸透理論が斜面の安定問題について応用されて来²⁾た。しかしながら、それらの研究のほとんどは、地盤への雨水の浸透速度について十分に考察されていないと言えよう。そこで著者らは多くの浸透試験の結果を踏まえて、雨水の浸透能 f と浸透速度 f' の間に極めて高い相関があることに着目し、浸透速度を Horton 式³⁾と同様に次式で表示できるとした。

$$f' = f_c + (f_0' - f_c) e^{-k_f t} \quad (1)$$

(f_0' : 初期浸透速度, f_c : 最終浸透速度, k_f : 定数, t : 時間)

また、浸透能 f と浸透速度 f' の間には次の関係が成立つ、

$$f = \alpha \cdot \frac{n}{100} \cdot f' \quad (2)$$

(n : 間隙率, α : 定数)

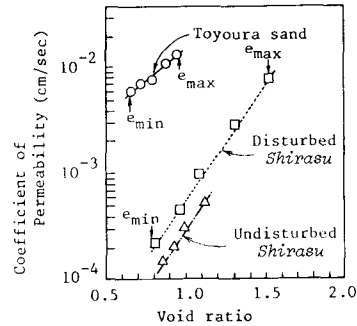
したがって、表面流出強度 f_s は次式のごとく定めることができる。

$$f_s = r - \alpha \cdot \frac{n}{100} \cdot f' - f_{se} \quad (3)$$

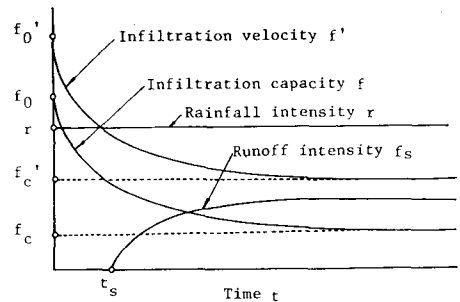
(r : 降雨強度, f_{se} : 表面野留強度)

図・2は、模式図的にそれらの関係を図示したものである。

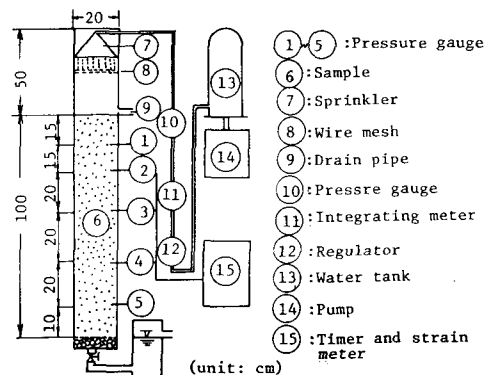
4. 実験方法と試料の性質 しらすの浸透能と浸透速度の特性を明らかにするために図・3に示すような装置を用い、降雨強度33.6, 12.5及び5.3 mm/hrで人工降雨実験を行なった。しらすの粒度組成は、砂分62%, 礫分11%, 粘土分19%



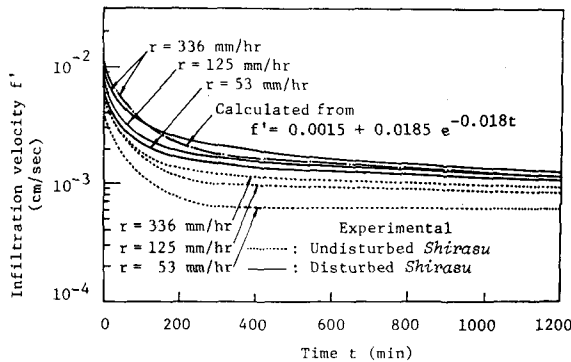
図・1 Comparison on the relation between void ratio and permeability of Shirasu with standard sand



図・2 Schematic relation between infiltration velocity f' , infiltration capacity f , surface runoff intensity f_s and time t



図・3 Test apparatus



図・4 Infiltration velocity curve

及びシルト分以下8%である。

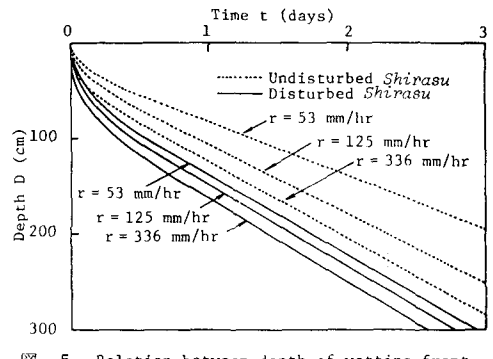
5. 実験結果及び考察 図・4は、乱したしらすと乱さないしらすについて浸透速度曲線を示したものである。浸透速度は、どの条件でも降雨の初期段階で急に減少し、次第に最終速度に定常値にしやすい傾向にある。また、降雨強度が大きな条件ほど浸透速度は大きいと言える。さらに、乱したしらすの方が乱さないしらすに比べて浸透速度は大きい傾向にある。図・4中の破線は(1)式を用いて計算による曲線を示した1例である。実測値と良い対応を呈していることから、(1)式は、雨水の浸透速度を概算するものとして適当な式と考えられる。図・5は浸透深度と降雨時間の関係を示したものである。浸透深度Dは浸透速度fを積分することにより求まる。図・5より、単位時間当りの深度は、初めの200分以内でどの場合も急増し以後時間の経過につれて直線化することが判る。図・6は、表面流出強度特性を示した1例である。降雨後約40分で定常値にしているが、表面流出強度は、乱さないしらすの方が乱したしらすよりどの降雨強度に関しても大きな値を示した。図・6中の計算曲線は、(3)式によったものである。図・7は、現地でのしらす地盤におけるテンシオメータで計測したサクションと浸透速度及び降雨強度の関係を示したものである。図より判るように、サクションは、降雨によく応答している。また、テンシオメータは深度方向に80cmの間隔で設置されていることから、降雨時の浸潤前線の浸透速度を概算でき、本現地のしらす地盤における浸透速度は、降雨条件によって変動するがおおむね 10^{-4} cm/secのオーダーと言える。

謝辞：本研究を行うにあたり、終始懇切な指導を賜った九州大学初山内豊隆教授に感謝の意を表す。また、実験に関して協力を受けた鹿児島県立工学部科学士 村上宗雄、岡元靖夫、中野博之、平石清志の各君に謝意を表す。なお、本研究は、文部省科学研究費の補助を受けたものであることを付記する。

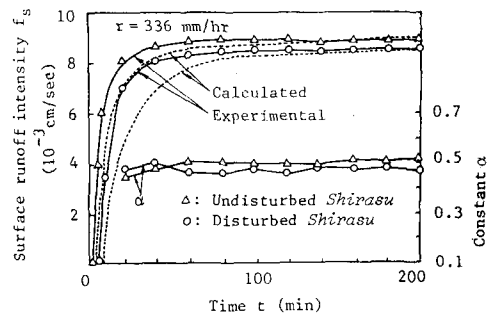
参考文献：1) Horton, R. E. (1933), The role of infiltration in the hydrologic cycle, Trans. AGU. (14), 446-460.

2) Nishida, Y., Yagi, N. & Futaki, M. (1979), The theoretical analysis on the pore pressures due to rain water permeation in the ground, Proc. 6th ARCSME, (1), 241-244.

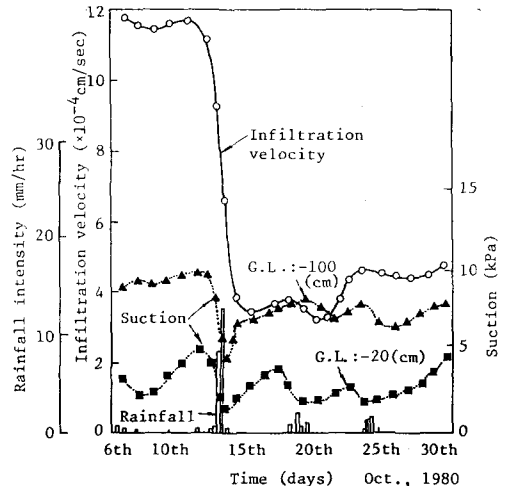
3) 村田、岡林 (1982), 降雨下におけるしらすおよび火山灰の浸透能特性, 第17回工管工学研究発表会講演集, 2329-2332.



図・5 Relation between depth of wetting front and rainfall duration



図・6 Relation between surface runoff intensity f_s , constant α and time t



図・7 Changes of suction and infiltration velocity at undisturbed Shirasu ground