

埋立地しゃ水シート破損部からの浸出水漏水に関する基礎的研究

福岡大学工学部 学生員○波多江尚雄 正 員 島岡隆行
" 正 員 松藤康司 正 員 花嶋正孝
(株)建設技術研究所 正 員 福本二也

1.はじめに しゃ水工の主目的は、汚濁物質の系外への流出による周辺環境汚染を防止することであるが、最近、しゃ水シートの破損の可能性が指摘され、社会的に大きな問題となっている。しかし、埋立地におけるしゃ水シートは、廃棄物の埋立ての進行に伴い埋没するため、事故等により破損した場合の破損状況や漏水量を把握することは極めて困難である。そこで、しゃ水シートが破損した場合の浸出水漏水量の把握及び漏水量を決定する主要因を把握するため、埋立地底部を模擬した透水試験装置を用いて漏水実験を行った。前報では、しゃ水シート保護層がしゃ水工としても重要であること及びしゃ水シートと基礎地盤の密着性が悪い場合、多量の漏水が生じる¹⁾ことが分かった。本報では、引き続き漏水実験を行うと共に、漏水量予測モデルを用いて漏水量の予測を行い、漏水量を決定する主要因等について若干の知見を得たので報告する。

2. 透水実験 2.1 実験装置及び方法 実験には図-1に示す準好気性埋立地底部を模擬した透水試験装置を用いた。透水試験装置は上槽と下槽からなり、上・下槽フランジ間には、予め穴を開けたしゃ水シート及びしゃ水シート上の薄層を再現するための厚さ3mmのリングが固定されている。また、上槽フランジ部の溢流口から浸出水が速やかに排出される構造になっている。実験は下槽の基礎地盤を飽和させた後、設定水位まで水面を下げ散水を開始し、下槽への漏水量及び溢流口からの溢流量を測定した。表-1には実験条件を示す。

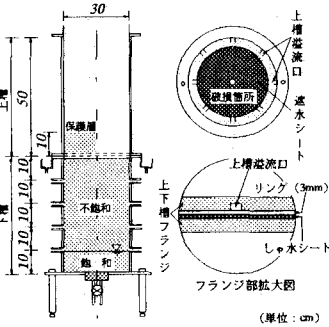


図-1 実験装置図

2.2 実験結果及び考察 図-2に基礎地盤の透水係数 1.1×10^{-2} cm/sにおける保護材の違いと漏水量の関係を示す。保護層が礫および無い場合は、降雨強度の増加と共に漏水量が増加している。一方、砂及び真砂土の場合は、保護層が無い場合及び礫の場合に比べ約1/10~1/2倍と少なく、また降雨強度に関係無く250~350ml/hの間で推移している。次に、基礎地盤の透水係数と漏水量の関係を図-3に示す。当然のことながら漏水量は透水係数が小さいほど少なくなっており、しゃ水シート破損部からの漏水量は、基礎地盤と保護層の透水性に左右されることが分かる。

表-1 実験条件

項 目		条 件		
しゃ水シート	しゃ水シート材質	ゴム (EPDM), 厚さ 1.5 mm		
	破損寸法	R= 3, 6, 10, 12 mm ϕ		
保護 層	土 質	礫	砂	真砂土
	層 厚	10 cm		
水 理 条 件	降雨強度	5 ~ 40 mm/h		
	薄 層 厚	しゃ水シート上 3 mm		
基 礎 地 盤	土 質	真砂土		
	充填密度	1.4 t/m ³	1.5	1.8
	飽和透水係数	1.1×10^{-2} cm/s	1.1×10^{-3}	4.5×10^{-6}

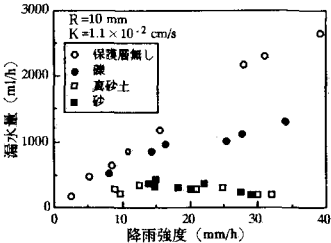


図-2 保護材の違いと漏水量の関係

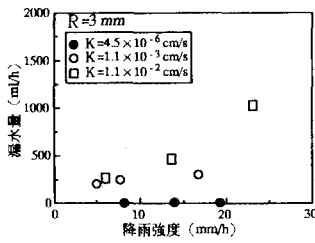


図-3 基礎地盤の透水係数と漏水量の関係

量予測モデルを構築し、漏水量の予測を行った。図-4は透水試験装置をモデル化したものである。しゃ水シート破損部中心の地下水面を原点として、水平方向に r 軸、鉛直方向に z 軸をとった円筒座標における不飽和定常状態を考えると基礎方程式は式(1),(2)で示される。ただし、 h :マトリックスポテンシャル(cm), k :不飽和透水係数(cm/sec)である。水分特性曲線に(3),(4)式に示すTH

van

Genuchtenの式³⁾を用いた。ただし、 θ_r :残留水分率(cm^3/cm^3), θ_s :飽和体積含水率(cm^3/cm^3),

α, n, m :定数を示す。不飽和透水係数は、

$$\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r}u = 0 \quad (1)$$

$$v = -k \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \quad u = -k \left(\frac{\partial h}{\partial r} \right) \quad (2)$$

(5)Darcyの法則及びKozenyの式から理論的に導かれたS.Irmayの式⁴⁾を用いてSOR法⁵⁾により計算

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\alpha h)^n]^m \quad (3)$$

を行った。境界条件は、 $r=0$ のとき $\partial h / \partial r = 0$,

$$m = 1 - 1/n \quad (4)$$

$r=R1$ のとき $\partial h / \partial r = 0$, $z=0$ のとき $h=0$, $z=Z1$ に

$$k = k_s (\theta - \theta_r)^3 / (\theta_s - \theta_r)^3 \quad (5)$$

において $0 \leq r < R0$ のとき $h=h0$, $R0 \leq r < R1$ のとき

$\partial h / \partial z = 0$ とした。

4. 計算結果および考察 実測値と計算値の比較を図-5に示す。モデルは、実験値を比較

的よく再現し、表-2に示す土質データ²⁾を用いて漏水量予測を行った。図-6に計算結果により

得られた破損部直径と漏水量の関係を示している。漏水量は、基礎地

盤の透水係数と破損部の直径に大きく左右されることが計算結果からも

分かる。基礎地盤の透水係数に関しては実験値と同様な傾向を示してい

る。しかし、漏水量は破損部の直径に対して指数関数的に増加しており、

実験値と異なる傾向を示している。これは、破損部近傍では、局部的

に形状が変化しているため、漏水を妨げる現象が生じていると予測さ

れる。また、漏水に影響を与える因子として、しゃ水シート下から地下

水面までの距離(地下水位)が考えられる。不飽和土壌では、地下水面

から土壌表面までの距離が長くなると、マトリッ

クポテンシャル勾配が小さくなり、水分フラックスも減少する。このことから、地下水位をある程

度低下させることにより漏水量を軽減できることが考えられた。

5. おわりに 本実験結果及び計算値が実際の埋

立地に直接適用できるものではないが、保護層がしゃ水工として重要な位置を占

めること、また基礎地盤の透水性や破損形状は漏水量に大きく影響すること、さら

に、基礎地盤の透水性によっては、地下水位を制御することにより漏水量を軽減

できることが分かった。

【参考文献】1)波多江ら:埋立地しゃ水シート破損部からの浸出水漏水量の算定に関する基礎

的実験,土木学会西部支部研究発表会講演概要集,pp.246-247,1993 2)楠見ら:不飽和土の浸

透特性の推定法,第22回土質工学研究発表会講演,pp.1555-1556,1987

3)M.TH.vanGenuchten:Soil Sic. Soc. Am. J., vol.44,892,1980

4)S.Irmay:Transactions, American Geophysical Union, vol.35,463,1954

5)池田裕一:ハソコで解く水理学,丸善株式会社,1990

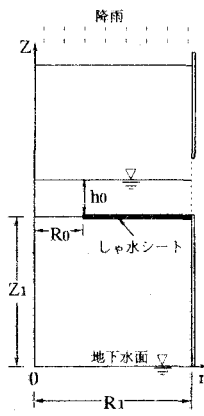


図-4 計算領域断面

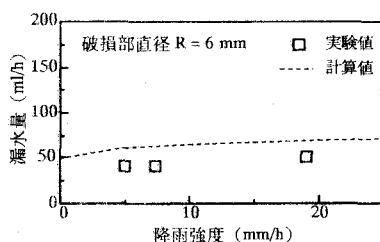


図-5 実験値と計算値の比較

表-2 計算に必要なパラメータ

土 質	θ_s	θ_r	$k_s(\text{cm/s})$	$\alpha(\text{cm}^{-1})$	n
標準砂	0.300	0.00	2.084×10^{-2}	0.0522	5.6784
真砂土	0.395	0.24	1.000×10^{-3}	0.049	3.0100
沖積土	0.697	0.4260	1.800×10^{-4}	0.0165	3.2200

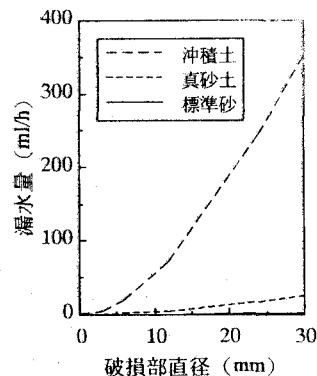


図-6 計算結果