

粘土系遮水材の礫質地盤への漏出に関する実験

五洋建設 正会員 ○上田正樹 吉田誠
港湾空港技術研究所 正会員 渡部要一

1. はじめに

管理型廃棄物海面埋立処分場の遮水護岸に用いる遮水材には、遮水性は当然のことながら、変形追随性、長期耐久性、施工性、そして経済性が要求される。これらの条件を満足する遮水材の一つとして、筆者らは粘土系遮水材の研究開発を行ってきた¹⁾。粘土系遮水材による遮水護岸構造としては、例えば、H形鋼矢板壁の継手隔壁内への充填、護岸腹付土への直接打設などが想定される(図-1)。施工時の遮水材の含水比は液性限界 w_L の1.0~1.2倍程度であり、高い流動性を有しているが、施工後にはチキソトロピーと自重圧密により早期に流動性を失う。矢板継手処理の不具合や、遮水材打設直後の護岸変形などにより矢板継手に目開きが生じると、遮水材が周辺地盤へ漏出する可能性がある。このとき周辺地盤の土の粒径が小さければ、目詰まりによる遮水材漏出防止効果が期待できる。本報告は、礫質地盤の粒径と粘土系遮水材漏出長の関係についてまとめたものである。

2. 実験概要

遮水材の周辺地盤への漏出は水平方向に広がっていくが、ここでは製作が容易な鉛直模型を用いて実験を行った。実験装置を図-2に示す。内径200mm、長さ1000mmの亚克力円筒内に層厚300mmの碎石層、その上に層厚300mmの遮水材層を製作し、製作1日後にピストンにより遮水材に所定の圧力を载荷して遮水材漏出長を計測した。遮水材はベントナイトと人工海水を混練したものであり、ベーンせん断強さ(1day)は $\tau_f=1.1\text{ kN/m}^2$ である(表-1)。また、碎石には6号碎石と7号碎石(図-3)を用いて間隙比 $e=0.6$ 程度となるように投入した。実験は碎石種別と载荷圧力を変えて8ケース実施した(表-2)。

3. 実験結果と考察

表-2に実験結果を示す。また、図-5~7にそれぞれ载荷

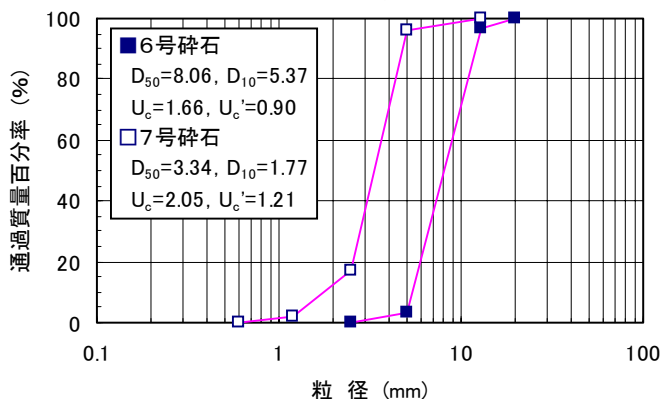


図-3 碎石の粒径加積曲線

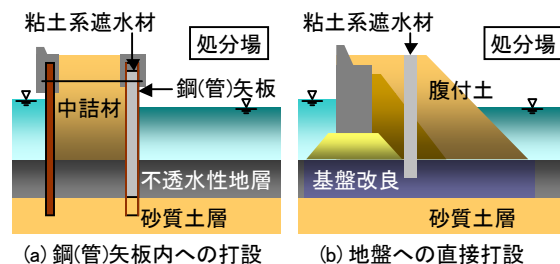


図-1 遮水護岸構造例

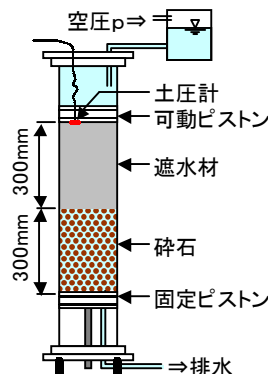


図-2 実験装置

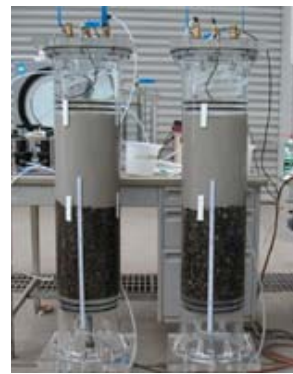


写真-1 実験装置

表-1 粘土系遮水材の土質特性

土質特性	遮水材※	単位
遮水材の湿潤密度 ρ_t	1.497	g/cm^3
土粒子の密度 ρ_s	2.600	g/cm^3
遮水材の含水比 w	93.6	%
コンシステンシー	液性限界 w_L	93.6
	塑性限界 w_P	32.6
	塑性指数 I_P	61.0
ベーンせん断強さ(1day) τ_f	1.1	kN/m^2

※配合: ベントナイト773 kg/m^3 + 人工海水724 kg/m^3

表-2 実験ケースと実験結果

実験ケース	実験条件			実験結果 漏出長 L (mm)
	碎石種別	碎石間隙比 e	载荷圧力 p (kN/m^2)	
Case1	6号	0.492	40	27.00
Case2	7号	0.598	40	15.25
Case3	6号	0.690	70	42.00
Case4	7号	0.766	70	20.75
Case5	6号	0.482	100	106.25
Case6	7号	0.480	100	48.75
Case7	6号	0.676	140	134.00
Case8	7号	0.716	140	76.50

キーワード 廃棄物, 遮水材, ベントナイト, 礫質地盤, 漏出

連絡先 〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 五洋建設(株) 技術研究所 TEL 0287-39-2111

圧力 p ，10% 粒径 D_{10} ，間隙比 e と遮水材漏出長 L の関係を示す。漏出長は载荷圧力および 10% 粒径と良い相関を示していることがわかる。また，遮水材の漏出状況は写真－2 に示す通りであり，碎石の間隙に一次的に充填されている。ここで，漏出長 L の関係式を導出するために，複雑な碎石の間隙を間隙径 R の細管の集合体としてモデル化すると，細管における力の釣り合い式は $p \pi R^2 / 4 = \pi R L \tau_{\max}$ である（図－4）。ハーゼンによると間隙径 R は 10% 粒径 D_{10} と相関があり，また，間隙比 e に比例すると考えられるため ($R \propto e D_{10}$)，以下の関係式が成立する。

$$L = C e D_{10} p / \tau_{\max} \quad \text{関係式①}$$

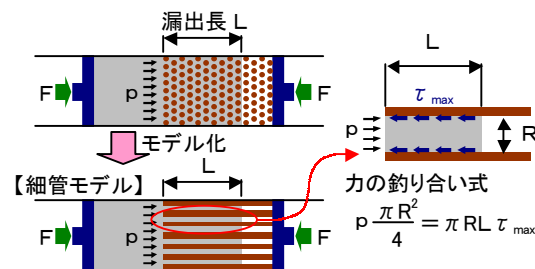
ここで， C は間隙の形状，配列等を反映させた形状係数である。

本実験においては形状係数 $C = 0.365$ となった（図－8）。

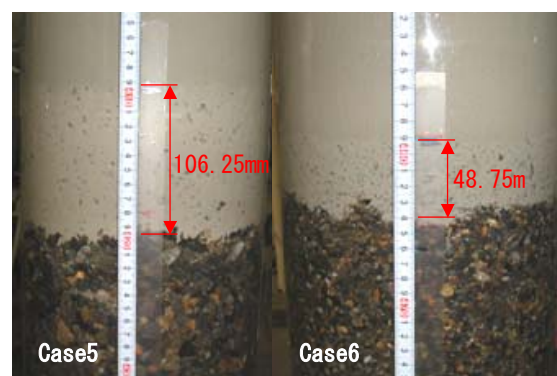
この関係式は，例えば，図－1 (b) 連続遮水壁の周辺地盤への漏出を考慮した材料割増率算定に活用できる。計算例として， $C = 0.365$ ， $e = 0.7$ ， $D_{10} = 3 \text{ (mm)}$ ， $p = \gamma' z = 4 z \text{ (kN/m}^2\text{)}$ ， $\tau_{\max} = 1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ のとき $L = 3 z$ [漏出長 $L \text{ (mm)}$ ，深さ $z \text{ (m)}$]。 $z = 20 \text{ m}$ 地点での漏出長は $L_{\max} = 60 \text{ mm}$ ($= 0.06 \text{ m}$) となる。このとき遮水壁両面からの漏出量 V は遮水壁延長 1m 当り $V = [e / (1 + e) L_{\max} z / 2] \times 2 = 0.49 \text{ m}^3$ であり，遮水壁の壁厚が 0.5m の場合には，遮水高 1m 分の漏出を見込んでおく必要がある ($1 \text{ m} / 20 \text{ m} = 5\%$ の材料割増率)。

4. まとめ

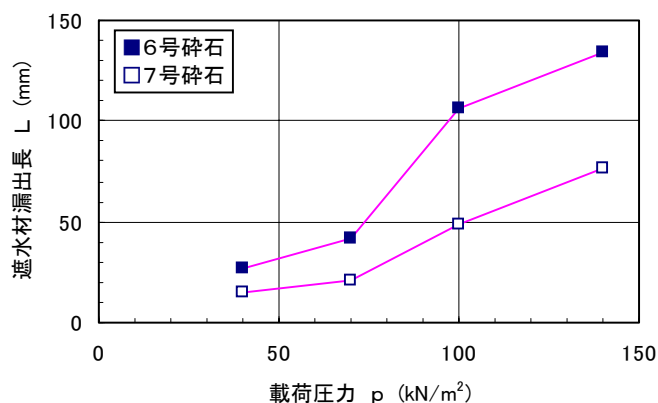
今回の実験により，粘土系遮水材周辺地盤の 10% 粒径が 2mm 以下の場合には，たとえ遮水材が漏出しても目詰まり効果によって漏出長は 100mm 以内に収まるものと考えられる。遮水材漏出リスクを低減するためには中詰材等の粒度にも気を配りたい。



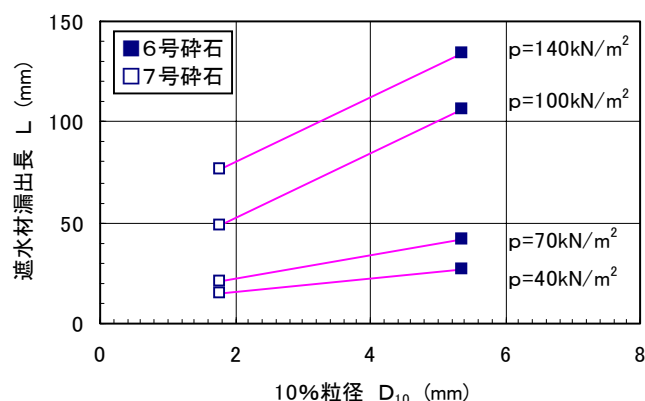
図－4 漏出状況のモデル化



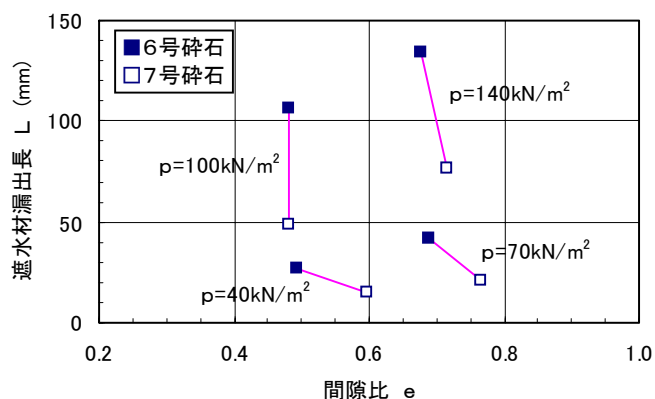
写真－2 漏出状況 (Case5, 6)



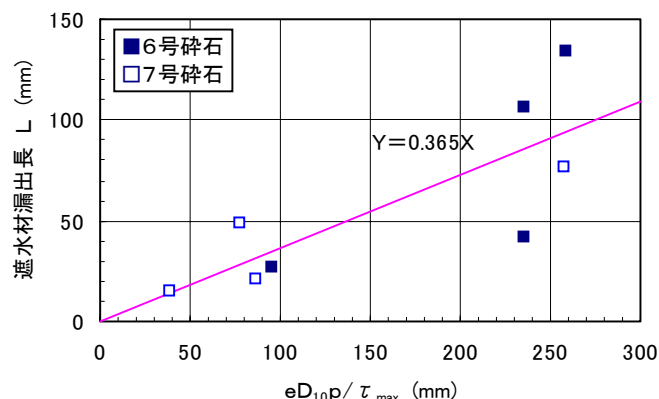
図－5 载荷圧力 p と漏出長 L の関係



図－6 碎石の 10% 粒径 D_{10} と漏出長 L の関係



図－7 碎石の間隙比 e と漏出長 L の関係



図－8 形状係数 C の算出

参考文献

- 1) 山田耕一，上野一彦，羽田晃，土田孝，渡部要一：変形追従性遮水材料を用いた管理型海面廃棄物最終処分場の新しい遮水護岸構造の提案，海洋開発論文集 vol. 18，pp. 77-82，2002。