

天然ダムの構成地盤材料の浸食率の測定

日本大学工学部 学生会員 ○大谷 喜樹 渡邊 文裕
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

平成 20 年岩手・宮城内陸地震によって、湯ノ倉温泉地区では大規模な斜面崩壊が多数発生した。それにより河川に土砂が堆積して河道閉塞が発生し、大規模な天然ダムが形成された。この天然ダムは降雨や余震により、決壊すれば下流域に甚大な被害をもたらす危険性がある¹⁾。そこで本研究では堤体の越流による浸食に対する抵抗性を検討するために、現場より採取した試料の浸食率を開水路実験装置を用いて測定した。

2. 採取した試料と実験方法

試料の採取地点は宮城県栗原市湯ノ倉温泉地区である (図-1)。No.2 と No.3 の地点では石分は取り除いて試料を採取した。No.1の地点では水置換による現場密度試験を行い、 $\rho_t = 1.64(\text{g}/\text{cm}^3)$ の結果を得た。各試料の物理試験結果について表-1 に示した。図-2 に粒径加積曲線を示す。No.2, No.3 地点の試料の粒度分布はほぼ一致し、細粒分質礫質砂(SFG)に分類された。塑性図による細粒土の分類では CH(粘土高液性限界)であった。浸食実験には No.2 と No.3 の地点の試料を粒度調整したものを用いた。No.2 は 9.5mm ふり通過分と 2mm ふり通過分を用いた。No.3 の試料は 2mm ふり通過分を用い、比較のために豊浦砂も用いた。開水路の実験装置を図-3 に示す。アクリル製の水路を用い、流れを整えるために現場の土粒子を水路床に貼り付けた。図-3(b)に示すように下流側から 160mm の位置にある容器内(図-3(c))に試料を締め固めて入れた。No.2 と No.3 の試料は自然含水比の状態、No.1 の試料の湿潤密度の 90%になるように締め固めた。容器の平面寸法は 4cm×4cm である。浸食実験は後述する表-2 の実験ケースの条件で水路に勾配をつけて水を流し、供試体の表面と水路床の高さが一致するように削られた分だけ土を押し出した。これにより、天然ダムの越流による浸食を模擬した。

実験時の水温は約 18℃に保った。水路の勾配角 θ を変化させて、せん断応力を変化させた。せん断応力 τ (Pa) は次式のように表される³⁾。

$$\tau = \rho g h \sin \theta \quad (1)$$

ここに、 ρ :水の密度(1000kg/m³)、 g :重力加速度(9.81m/s²)、 h :水路床から水面までの高さ(m)である。

3. 実験結果と考察

損失高さ経過時間の関係を図-4 に表す。損失高さとは、供試体が浸食により削られた高さのことである。図より経過時間

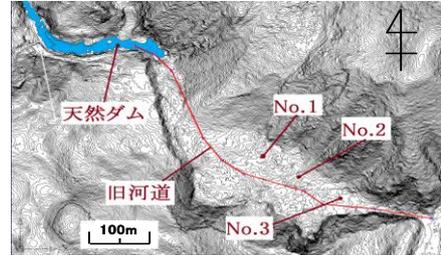


図-1 湯ノ倉温泉地区の試料採取地点²⁾

表-1 試料の物理的性質

	含水比 (%)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	液性限界 W_L (%)	塑性限界 w_p (%)	塑性指数 I_p
No.1	41.3	2.641			
No.2	42.4	2.465	97.1	35.3	61.8
No.3	35.6	2.457	91.4	36.3	55.1

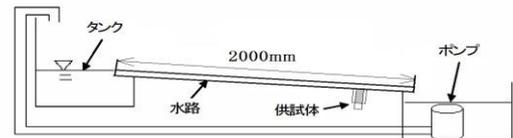
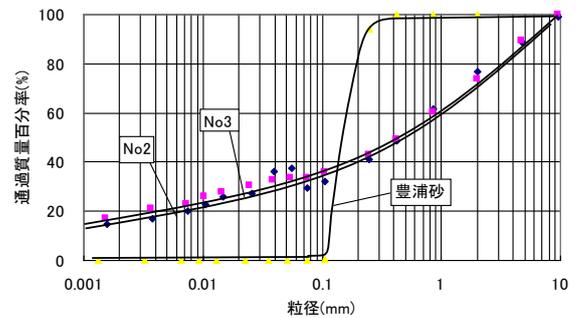


図-3(a) 実験装置

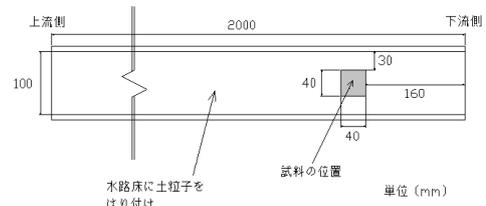


図-3(b) 水路平面図

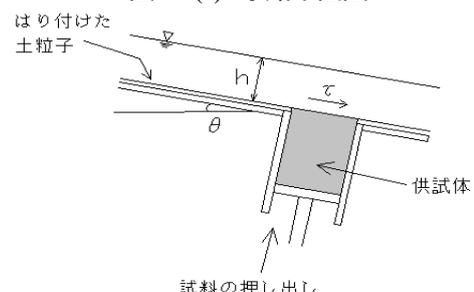


図-3(c) 供試体部分の断面図

にほぼ比例して供試体が浸食されたことがわかる。図-5 に浸食率 E とせん断応力 τ の関係を示す。浸食率 $E(\text{cm/s})$ は次の式で定義される³⁾。

$$E = \frac{\Delta z}{\Delta t} (1-n) = \dot{z}(1-n) \quad (2)$$

ここに、 n : 供試体の間隙率, Δz : 供試体の損失高さ(cm), Δt : Δz だけ押し出すのに経過した時間(s)である。図より、No.2 と豊浦砂の試料は線形の挙動を示すデータが得られた。この浸食実験における浸食率 E と作用するせん断応力 τ の関係は次の(3)式を用いて近似できる³⁾。

$$E = \alpha(\tau - \tau_c)^\gamma \quad (3)$$

ここに、 τ_c : 臨界せん断応力(Pa), α, γ : 定数である。臨界せん断応力とは浸食が開始する際の最小のせん断応力のことである。各試料の臨界せん断応力を表-3 に示す。豊浦砂は粘着力がほぼゼロとみなせるため、臨界せん断応力は小さかった。No.2 は 2mm ふるい通過分の方が臨界せん断応力が大きかった。これは 2mm ふるい通過分の方が細粒分が多く、浸食に対する抵抗性が大きいからだと考えられる。No.3 の試料は No.2 と粒度分布がほぼ同じにも関わらず、臨界せん断応力が小さかった。これは、自然含水比が小さかったためだと考えられる。今回の実験のデータと Fujisawa et al. の実験³⁾のデータを比較すると、No.2 と No.3 の $E - \tau$ 関係の勾配が小さい値を示した。本実験で用いた湯ノ倉温泉地区の試料は Fujisawa et al. の実験結果の範囲よりも $E - \tau$ 関係が小さく、No.2 と No.3 の試料は浸食に対する抵抗性が強い試料であるということが分かった。一方、豊浦砂は既往の実験結果³⁾の範囲内となった。

4. まとめ

湯ノ倉温泉地区から採取した試料を用いて浸食率とせん断応力の関係を求め、臨界せん断応力を求めた。豊浦砂と No.3 の試料の τ_c はほぼ等しく、No.2 の τ_c はそれより大きい値を示した。 $E - \tau$ 関係には土粒子の粒径、含水比が影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

- 1) 一山 智弘: 平成 20 年岩手・宮城内陸地震で発生した天然ダムの浸透・越流解析, 東北大学工学部卒業論文 (2008), 2) 応用地質株式会社: 東北支社: 平成 21 年度栗駒山砂防湯ノ倉天然ダム地質調査, pp.6, (2009) 3) Fujisawa, K. & Kobayashi, A., & Yamamoto, K.: Erosion rate of compacted soils for embankment, Doboku Gakkai Ronbunshuu C vol.64 No.2, pp.403-410. (2008), 4) 平成 20 年岩手・宮城内陸地震 4 学協会東北合同調査委員会: 災害調査報告書(2009)

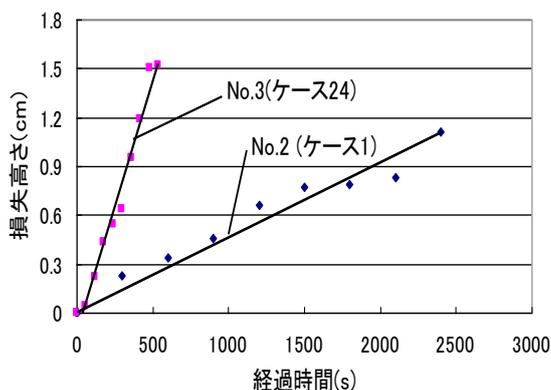


図-4 損失高さと経過時間の関係の一例

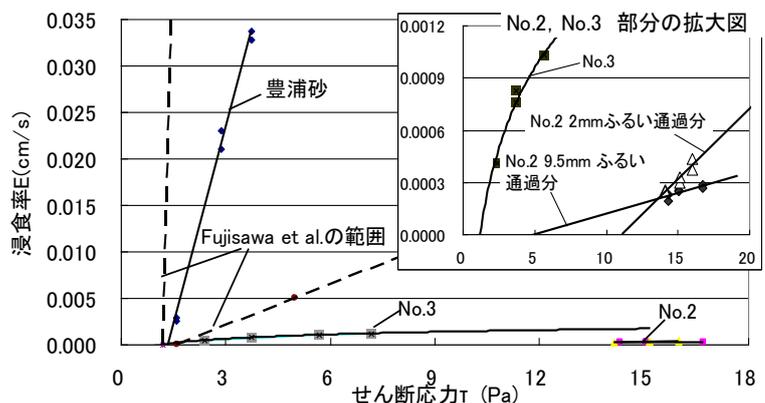


図-5 浸食率とせん断応力の関係性

表-2 実験ケース

ケース	sinθ	h(mm)	τ (Pa)	ρ _s (g/cm ³)	
No.2 (9.5mm 通過分)	1	1.98E-01	7.4	14.3	1.03
	2	1.98E-01	7.4	14.3	1.04
	3	2.16E-01	7.1	15.1	1.04
	4	2.16E-01	7.1	15.1	1.00
	5	2.34E-01	7.3	16.7	1.00
	6	2.34E-01	7.3	16.7	1.03
No.2 (2mm通 過分)	7	1.98E-01	7.3	14.1	1.04
	8	1.98E-01	7.3	14.1	1.04
	9	2.21E-01	7.0	15.2	1.05
	10	2.21E-01	7.0	15.2	1.02
	11	2.30E-01	7.1	16.0	1.02
	12	2.30E-01	7.1	16.0	1.03
No.3	13	4.71E-02	8.1	3.74	1.11
	14	4.71E-02	8.1	3.74	1.10
	15	7.32E-02	7.9	2.40	1.09
	16	7.32E-02	7.9	5.67	1.08
	17	9.27E-02	7.9	7.18	1.12
	18	9.27E-02	7.9	7.18	1.10
豊浦砂	19	1.80E-02	8.9	1.57	1.49
	20	1.80E-02	8.9	1.57	1.49
	21	3.36E-02	8.7	2.86	1.47
	22	3.36E-02	8.7	2.86	1.47
	23	4.25E-02	9.0	3.75	1.48
	24	4.25E-02	9.0	3.75	1.49

表-3 各ケースの臨界せん断応力

ケース	臨界せん断応力 τ _c (Pa)
No.2 9.5mm通過分	5.00
No.2 2mmふるい通過分	11.3
No.3	1.15
豊浦砂	1.35